

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА СІЛЬСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
ВАГОНБУДУВАННЯ»

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

ВИПУСК 21 (2020)

Кременчук 2020

УДК 656:2

Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад» Державного підприємства «Український науково-дослідний інститут вагобудування» Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України. - Вип.21. - Кременчук: Вид-во ДП «УкрНДІВ», 2020. – 143 с.

Збірник містить статті, присвячені теоретичним, методологічним та прикладним проблемам галузі залізничного транспорту. У статтях збірника розглядаються питання щодо конструкцій рухомого складу залізниць, технології та організації транспортних процесів, математичного моделювання об'єктів залізничного транспорту, екологічної безпеки на транспорті, економіки транспортного машинобудування, сертифікації та стандартизації продукції залізничного транспорту та нормативного забезпечення.

Для науковців, дослідників, конструкторів та інженерно-технічних працівників транспорту та зв'язку.

ISSN 2304-6309

e-ISSN 2709-3018

Редакційна колегія:

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

Суллим А.О., кандидат технічних наук (заступник головного редактора);

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

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

Багров О.М., кандидат технічних наук;

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

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

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

Гладких І.В., відповідальний секретар;

Лупінько Н.В., комп'ютерна верстка.

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

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

Друкуються мовою оригінала.

Рекомендовано до друку Редакційною колегією (протокол № 19 від 24.12.2020 р.) та Науково-технічною радою ДП «УкрНДІВ»(протокол № 5 від 24.12.2020 р.).

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

E-mail: office@ukrdiv.com.ua

www.ukrdiv.com.ua

ISSN 2304-6309

e-ISSN 2709-3018

© ДП «УкрНДІВ», м.Кременчук, 2020

MINISTRY FOR DEVELOPMENT OF ECONOMY, TRADE AND
AGRICULTURE OF UKRAINE
STATE ENTERPRISE
"UKRAINIAN RAILWAY CAR BUILDING
RESEARCH INSTITUTE"

**COLLECTION
OF RESEARCH PAPERS
“Railbound rolling stock”**

ISSUE 21 (2020)

Kremenchuk 2020

Collection of research papers "Railbound rolling stock" of the State Enterprise "Ukrainian Research Institute" of the Ministry for development of economy, trade and agriculture of Ukraine. - Issue 21. - Kremenchuk: DP UkrNDIV Publishing House, 2020. 143 - p.

The Collection contains articles on theoretical, methodological and applicable problems of the railway industry. The articles of the Collection address issues related to the construction of railway rolling stock, technology and organization of transport processes, mathematical modeling of railway transport facilities, environmental safety in transport, economics of transport engineering, certification and standardization of railway products and regulations.

For scientists, researchers, designers and engineers of transport and communications.

ISSN 2304-6309
e-ISSN 2709-3018

Editorial Board:

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

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

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

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

Bahrov O.M., Ph. D in Engineering

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

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

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

Gladkykh I.V., Executive Secretary;

Lupitko N.V., computer typesetting.

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

The articles of the Collection were reviewed by members of the Editorial Board and the Expert Commission for Reviewing the Results of Intellectual and Creative Activities of UkrNDIV.

Articles are printed in the original language.

Recommended for publication by the Editorial Board (Minutes № 19 of 24.12.2020) and Scientific and Technical Council of UkrNDIV (Minutes № 5 of 24.12.2020).

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

E-mail: office@ukrndiv.com.ua

www.ukrndiv.com.ua

ЗМІСТ

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

| | |
|---|-----|
| <i>Ю.Я. Водянніков, П.О. Хозя, В.С. Речкалов, Е.В. Третьак</i> Особливості випробувань контейнерів-цистерн на відповідність вимог реєстра судноплавства ООН..... | 7 |
| <i>Н.В. Лунітько, І.В. Гладких</i> Дослідження сучасного стану інвентарного парку пасажирських вагонів АТ «Укрзалізниця»..... | 28 |
| <i>Е.В. Третьак, В.С. Речкалов, С.В. Мурчков</i> Процедура отримання динамічних характеристик під час співударянь танк-контейнера для транспортування рослинних олій..... | 44 |
| <i>О.Г. Макеева, К.Л. Жихарцев</i> Вибір інтервалу розбиття часу гальмування для визначення гальмівного шляху вантажного поїзда..... | 58 |
| <i>Ж.О. Семко</i> Безпека продукції. Показники екологічності відпрацьованих газів тепловозів, яким подовжено строк служби після капітально-відновлювального ремонту або після модернізації..... | 64 |
| <i>Ю.В. Єжов, Ю.С. Павленко, С. М. Полулях</i> Питання модернізації магістральних тепловозів 2ТЕ116 в Україні..... | 78 |
| <i>М.О. Багров, І.В. Гладких</i> Приватний тяговий рухомий склад на магістральних коліях. Особливості сертифікації приватних локомотивів..... | 97 |
| <i>О.М. Сафронов, Ю.Я. Водянніков, О.Г. Макеева</i> Програмний комплекс для визначення гальмівної ефективності вантажних поїздів за правилами ГОСТ 34434-2018..... | 107 |
| <i>С.В. Кукін, Ю.Я. Водянніков, Є.Р. Можейко, А.Є. Можейко, С.А. Павлов</i> Оцінка гальмівної ефективності вагона цистерни моделі 15-7140 на дотримання вимог ГОСТ 34434-2018..... | 120 |
| Вимоги до оформлення статей..... | 133 |

CONTENTS

«RAILBOUND ROLLING STOCK»

| | |
|--|-----|
| <i>Y.Y. Vodiannikov, P.O. Khozia, V.S. Rechkalov, E.V. Tretiak</i> Aspects of tank-container tests for compliance with the requirements of the un shipping register.... | 7 |
| <i>N.V. Lupitko, I.V. Gladkykh</i> Study of the current state of the inventory fleet of passenger cars of JSC "Ukrzaliznytsya"..... | 28 |
| <i>E.V. Tretiak, V.S. Rechkalov, S.V. Murchkov</i> Procedure for obtaining dynamic characteristics of the tank container for transportation of vegetable oils under impact test..... | 44 |
| <i>O.G. Makeieva, K.L. Zhykhartsev</i> Selection of interval for braking time partitioning to determine the braking distance of a freight train..... | 58 |
| <i>Z.O. Semko</i> Safety of goods. Indices of environmental exhaust gases of locomotives, with extended service life after overhaul reconditioning..... | 64 |
| <i>Yu.V. Yezhov, Yu. S. Pavlenko, S. M. Poluliakh</i> Considerations on modernization of 2TE116 diesel locomotives in Ukraine..... | 78 |
| <i>M.A. Bahrov, I.V. Gladkykh</i> Private traction rolling stock on the main-line tracks. Aspects certification of private locomotives..... | 97 |
| <i>O.M. Safronov, Y.Y. Vodiannikov, O.G. Makeieva</i> Software application for determination of brake efficiency of freight trains according to the rules of GOST 34434-2018..... | 107 |
| <i>S.V. Kukin, Y.Y. Vodiannikov, Ye.R. Mozheiko, A. Ye. Mozheiko, S.A. Pavlov</i> Evaluation of the braking efficiency of tank car models 15-7140 for compliance with requirements of GOST 34434-2018..... | 120 |
| Requirements for drawing-up of articles..... | 138 |

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

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: 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

Е.В. Третьак*

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: 0000-0002-3429-5674

ОСОБЛИВОСТІ ВИПРОБУВАНЬ КОНТЕЙНЕРІВ-ЦИСТЕРН НА ВІДПОВІДНІСТЬ ВИМОГ РЕГІСТРА СУДНОПЛАВСТВА ООН

В статті описана методика розрахункових досліджень результатів ударних випробувань контейнерів-цистерн з метою підтвердження здатності переносних цистерн і багатоелементних газових контейнерів витримувати дію удару в поздовжньому напрямку на спеціально обладнаному стенді акредитованим в системі сертифікації Регістра судноплавства України, або з використанням залізничної платформи шляхом ударної дії на платформу вагоном бойком на відповідність вимогам Регістра судноплавства ООН. Показано, що основною оцінюваною характеристикою вимог ООН є спектр ударного відклику (прискорень) для інтервальних власних частот ударного імпульсу. Розрахунок точок кривої спектру ударного відклику за результатами випробувань відтворюється в чотири етапи. Представлено схему випробувань залізничної платформи з контейнером-цистерною на ударні навантаження, при якій удар виконується таким чином, щоб при одиночному ударі крива спектру ударного відклику, отримана під час випробувань, для обох фітингів, тих, що піддалися удару, повторювала або перевищувала мінімальну криву спектру ударного відклику на всіх частотах в діапазоні від 2 Гц до 100 Гц. Наведено матриці відносних переміщень і прискорень для інтервальних власних частот ударної хвилі. Результати досліджень представлені в графічному вигляді, свідчать, що експериментальні значення спектру ударного відклику перевищують мінімальні допустимі значення; рівняння експериментальної кривої спектру ударного відклику в діапазоні

© Водянніков Ю.Я., Хозя П.О., Речкалов В.С., Третьак Е.В., 2020

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

частот 0-100 Гц описується степеневою залежністю; коефіцієнти рівняння визначалися статистичним методом максимальної правдоподібності, при цьому коефіцієнт детермінації склав 0,897, що є задовільним значенням; порівняльний аналіз показав, що експериментальна крива спектру ударного відклику в діапазоні частот 0-100 Гц перевищує нормовану криву, що підтверджує відповідність нормативним вимогам. Запропоновано нову схему проведення випробувань з використанням вагона-цистерни з наливною рідиною, процеси в якій при ударі істотно відрізняються від інших вантажних вагонів на поздовжні ударні навантаження контейнера-цистерни. Гідроудар, що виникає при ударній дії на контейнер-цистерну та платформу, створює перевертаючий момент, який викликає зневантаження задніх фітингів.

Ключові слова: контейнер-цистерна, танк-контейнер, спектр ударного відклику, ударні навантаження, прискорення, коефіцієнт детермінації.

Ю.Я. Водяников

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

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

Телефон: +38 (05366) 6 20 43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

П.О. Хозя

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

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

Телефон: +38 (05366) 6 20 43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ORCID: 0000-0001-8948-6032

В.С. Речкалов

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

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

Телефон: +38 (05366) 6 20 43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

Э.В. Третьяк

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

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

Телефон: +38 (05366) 6 20 43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ORCID: 0000-0002-3429-5674

ОСОБЕННОСТИ ИСПЫТАНИЙ КОНТЕЙНЕРОВ - ЦИСТЕРН НА СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ РЕГИСТРА СУДОХОДСТВА ООН

В статье описана методика расчетных исследований результатов ударных испытаний контейнеров-цистерн с целью подтверждения способности переносных цистерн и многоэлементных газовых контейнеров выдерживать воздействие удара в продольном направлении на специально оборудованном стенде аккредитованным в системе сертификации Регистра судоходства Украины, или с использованием железнодорожной платформы путем ударного действия на платформу вагоном бай-

ком на відповідність вимогам Реєстра судноходства ООН. Показано, що основною оцінюваною характеристикою вимог ООН є спектр ударного відклику (ускорень) для інтервальних власних частот ударного імпульсу. Розрахунок точок кривої спектра ударного відклику по результатам випробувань проводиться в чотири етапи. Представлена схема випробувань залізничного платформи з контейнером-цистерною на ударні навантаження, при якій удар виконується таким чином, щоб при одиночному ударі крива спектра ударного відклику, отримана в час випробувань, для обох фітінгів, підданих удару, повторяла або перевищувала мінімальну криву спектра ударного відклику на всіх частотах в діапазоні від 2 Гц до 100 Гц. Приведені матриці відносних переміщень і прискорень для інтервальних власних частот ударної хвилі. Результати досліджень представлені в графічному вигляді, що свідчать про те, що експериментальні значення спектра ударного відклику перевищують мінімальні допустимі значення; рівняння експериментальної кривої спектра ударного відклику в діапазоні частот 0-100 Гц описується степенною залежністю; коефіцієнти рівняння визначалися статистичним методом максимальної правдоподібності, при цьому коефіцієнт детермінації склав 0,897, що є задовільним значенням; порівняльний аналіз показав, що експериментальна крива спектра ударного відклику в діапазоні частот 0-100 Гц перевищує нормовану криву, що підтверджує відповідність нормативним вимогам. Предложено нову схему проведення випробувань з використанням вагона-цистерни з наливною рідиною, процес в якій при ударі суттєво відрізняється від інших вантажних вагонів на продольні ударні навантаження контейнера-цистерни. Гидроудар, що виникає при ударному впливі на контейнер-цистерну і платформу, створює опрокидуючий момент, який викликає обезгружування задніх фітінгів.

Ключові слова: контейнер-цистерна, танк-контейнер, спектр ударного відклику, ударні навантаження, прискорення, коефіцієнт детермінації.

Вступ та постановка проблеми. Міжнародні залізничні перевезення – загальна частина світової глобальної транспортної системи. По об'ємах вантажів, що перевозяться, залізничний транспорт займає в Україні лідуючу позицію. Майже дві третини всіх українських залізниць зайнято обслуговуванням вантажних залізничних перевезень. Причому, розвинена залізнична мережа України дозволяє здійснювати прямі вантажні залізничні перевезення до Росії, Молдавії, Білорусі, Угорщини, Словаччини, Румунії і Польщі. Тому українська залізнична система є важливою частиною загальноєвропейської залізниці. Через територію України проходить декілька важливих залізничних транспортних коридорів, з яких слід зазначити напрям Балтика – Чорне море і Транскаспійський міжнародний транспортний коридор, що дозволяє здійснювати залізничні контейнерні вантажоперевезення з Китаю в європейські країни. Залізничні перевезення дозволяють виробляти транспортування вантажів по всій території Європи та Азії.

Найбільш економічним і безпечним способом доставки вантажів є залізничні перевезення вантажів в контейнерах на спеціалізованих платформах. В зв'язку з цим, актуальними є питання міцності і надійності таких контейнерів.

Мета роботи. Проведення випробувань з метою підтвердження здатності переносних цистерн і багатоелементних газових контейнерів (далі – БЕГК) витримувати дію удару в подовжньому напрямку на спеціально обладнаному стенді акредитованим в системі сертифікації Реєстра судноплавства України (далі – Реєстр), або з використанням залізничної платформи шляхом ударної дії на платформу вагоном бой-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

ком. Згідно цієї документації основною оцінюваною характеристикою є спектр ударного відклику (прискорень) для інтервальних власних частот ударного імпульсу.

Матеріал та результати досліджень. Останнім часом широкого поширення набуло перевезення наливних вантажів в контейнерах-цистернах.

Вимоги до контейнерів визначаються нормативною документацією Регістра судноплавства ООН [1], в якому викладаються прийняті ООН системи випробувань переносних цистерн і БЕГК на динамічний удар в подовжньому напрямку.

Прискорення контейнера визначаються акселерометрами (з мінімальним діапазоном амплітуди 200 g, з максимальною нижньою межею частот 1 Гц і мінімальною верхньою межею частот 3000 Гц), що встановлюються на бічних гранях двох сусідніх фітінгах з боку удару.

Дані про залежність «прискорення – час», отримані по кожному каналу, перетворюється в спектр ударного відклику, при цьому спектри мають бути представлені у вигляді графіка залежності еквівалентного статичного прискорення від частоти:

- максимально абсолютне значення пікового прискорення повинно реєструватися для кожного із заданих інтервалів частот;
- аналіз повинен охоплювати діапазон частот від 2 Гц до 100 Гц, а розрахунок точок кривої ударного відклику повинен відтворюватися по інтервалах частот з кроком як мінімум 1/30 октав. Кожна точка інтервалу є власною частотою, і в рамках аналізу слід використовувати декремент загасання 5%;
- при кожному співударянні реєструють подовжні сили на рамі платформи в подовжньому напрямку, причому максимальні значення прискорення визначають на фітінгах;

Результати досліджень оцінюються по значеннях спектру ударного відклику (далі - СУВ), які мають бути не менше нормованих значень.

Розрахунок точок кривої СУВ за результатами випробувань відтворюється в чотири етапи:

На першому етапі формується матриця відносних переміщень з використанням всіх точок даних з вхідного графіка залежності «прискорення-час», яка визначається за формулою (1):

$$\xi_i = -\frac{\Delta t}{\omega_d} \cdot \left(\sum_{k=0}^i \ddot{X}_k \cdot \exp(-\zeta \cdot \omega_n \cdot \Delta t \cdot (i-k)) \cdot \sin[\omega_d \cdot \Delta t \cdot (i-k)] \right), \quad (1)$$

На другому етапі визначається матриця відносних прискорень з використанням значень переміщень по формулі (2):

$$\ddot{\xi}_i = 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n \cdot \Delta t \cdot \left(\sum_{k=0}^i \ddot{X}_k \cdot \exp(-\zeta \cdot \omega_n \cdot \Delta t \cdot (i-k)) \cdot \cos[\omega_d \cdot \Delta t \cdot (i-k)] \right) + \omega_n^2 \cdot (2 \cdot \zeta^2 - 1) \cdot \xi_i, \quad (2)$$

де Δt – тимчасовий інтервал між значеннями прискорення;

ω_n – власна частота без загасання;

ω_d – власна частота із загасанням, $\omega_d = \sqrt{1 - \zeta^2}$;

\ddot{X}_k – k – ое значення вхідних даних про прискорення;

ζ – декремент загасання, $\zeta = 0,05$ (5 %);

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

i – ціле число, що коливається від 1 до числа вхідних точок даних про прискорення;

k – параметр, використовуваний в підсумовуванні, що змінюється від 0 до поточного значення i .

На третьому етапі фіксується максимальне значення прискорення з матриці відносних прискорень (2) для даного інтервалу частот. Це значення стає точкою кривої СУВ для даного конкретного інтервалу. Етап три повторюється для кожної власної частоти до тих пір, поки не будуть оцінено всі інтервали власних частот.

На четвертому етапі будується експериментальна крива СУВ, яка порівнюється з мінімальною нормованою кривою СУВ. Граничне значення нормованої кривої визначається за степеневою залежністю (3):

$$\ddot{\xi}_i(\omega_n) = 1,95 \cdot \omega_n^{0,355}, \quad (3)$$

де $\ddot{\xi}_i$ – прискорення в одиницях g ;

ω_n – власна частота, Гц.

За викладеною методикою, динамічним випробуванням піддавалася контейнер-цистерна.

Вагові і конструктивні характеристики досліджуваної контейнер-цистерни і залізничної платформи (рис. 1):

- тара платформи – 22,1 т;
- вага цистерни – 37 т;
- діаметр котла контейнера – 2,896 м;
- довжина контейнера – 6,058 м.

Випробування виконувалися під технічним спостереженням Регістра судноплавства України. Схему проведення випробувань на співудар представлено на рис. 2.

Під час кожного співударя реєстрація поздовжніх сил на рамі вагона-платформи та прискорення в поздовжньому напрямку виконано за допомогою вимірювальної системи, до складу якої входять: персональний комп'ютер, кабелі, підсилювач сигналів та віброперетворювачі. Обробка даних виконувалася на ЕОМ з використанням стандартного програмного математичного забезпечення статистичної обробки процесів (рис. 3).

Удар виконувався таким чином, щоб при одиночному ударі крива СУВ, отримана під час випробувань, для обох фітінгів тих, що піддалися удару, повторювала або перевищувала мінімальну криву СУВ на всіх частотах в діапазоні від 2 Гц до 100 Гц.

Аналіз осцилограм показав, що ударний імпульс є короткочасним швидко затухаючим процесом (таблиця 1).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



Рис. 1. Платформа з контейнером - цистерною для перевезення наливних вантажів

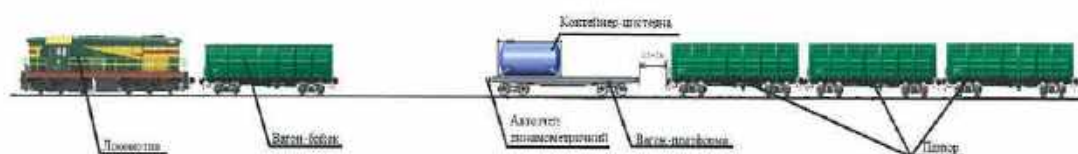


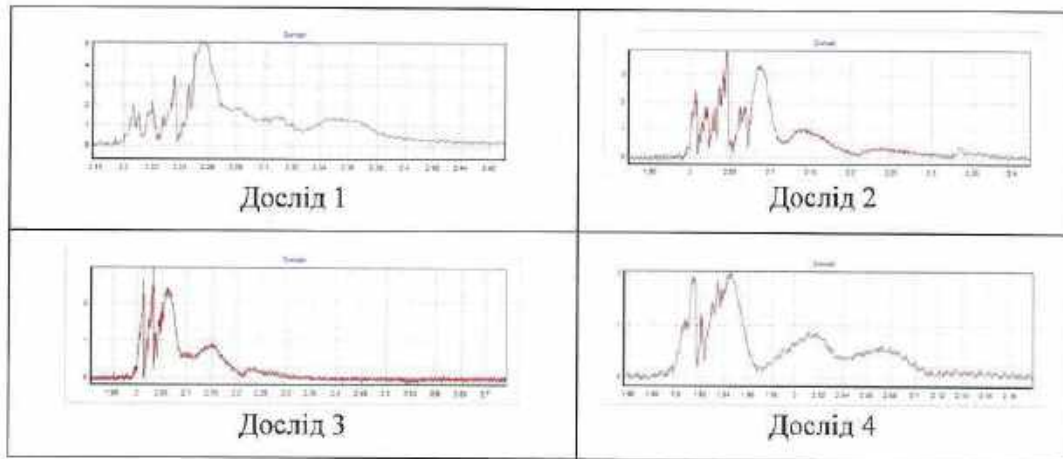
Рис. 2. Схема проведення випробувань контейнера-цистерни на ударі навантаження



Рис. 3. Загальний вигляд вимірювальної системи

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 1. – Осцилограми ударних імпульсів



Для розрахункових досліджень, кожна осцилограма представлялася в координатах «прискорення – час» (рис. 4 - 7).

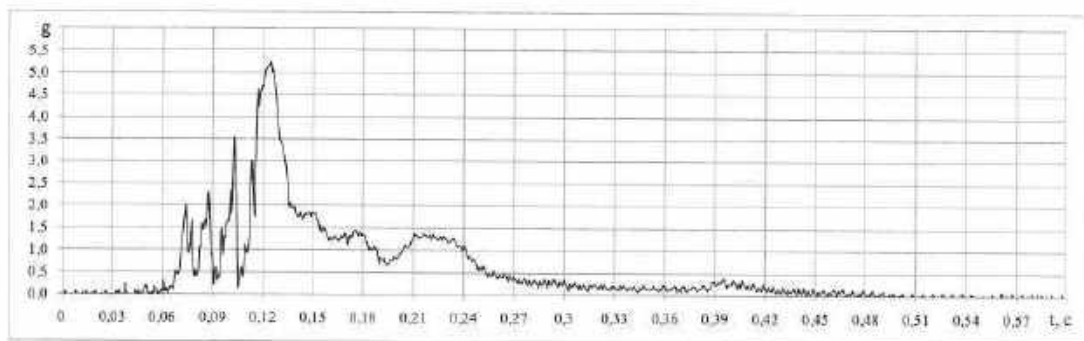


Рис. 4. Дослід 1 (швидкість – 11 км/год, сила удару – 236 т, прискорення – 5,22 g)

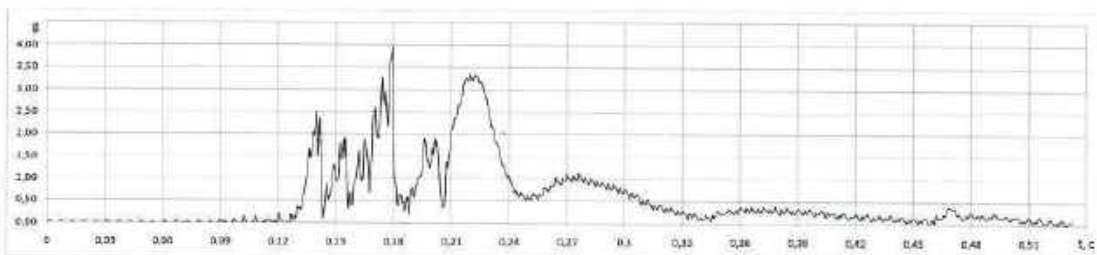


Рис. 5. Дослід 2 (швидкість – 9 км/год, сила удару – 178 т, прискорення – 3,97 g)

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

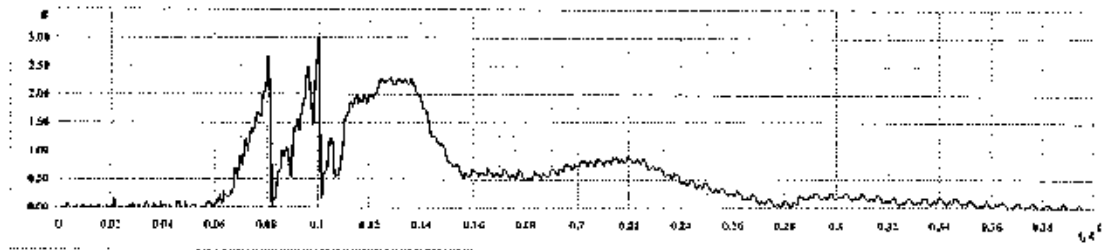


Рис. 6. Дослід 3 (швидкість – 7 км/год, сила удару – 142 т, прискорення – 2,99 g)

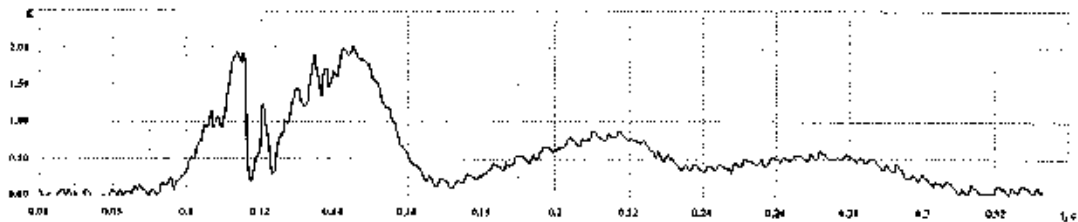


Рис. 7. Дослід 4 (швидкість – 6 км/год, сила удару – 105 т, прискорення – 2,02 g)

Кожен дослід (удар) подавався попередній обробці, що полягає в наступному:

- представлення ударного імпульсу у вигляді окремих тимчасових ділянок (інтервалів);
- визначення власної частоти коливань для кожного інтервалу та його тривалості.

Первинними даними для подальших розрахункових досліджень являються:

- номер досліду;
- сила удару;
- кількість ділянок розбиття ударного імпульсу;
- тривалість імпульсу кожної ділянки;
- розподіл власних частот по ділянках, значення яких, представлені в таблиці 1.

Матриці відносних переміщень і прискорень розраховувалися з кроком $\Delta t = 0,00067$ с.

Як приклад, розрахункові дослідження за формулами (1) і (2) для 1 досліду (рис.4) і першої ділянки (рис.8) приведено в таблицях 2 та 3, а крива спектру ударного відгуку для власне частоти 73,17 Гц показана на рис. 9.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

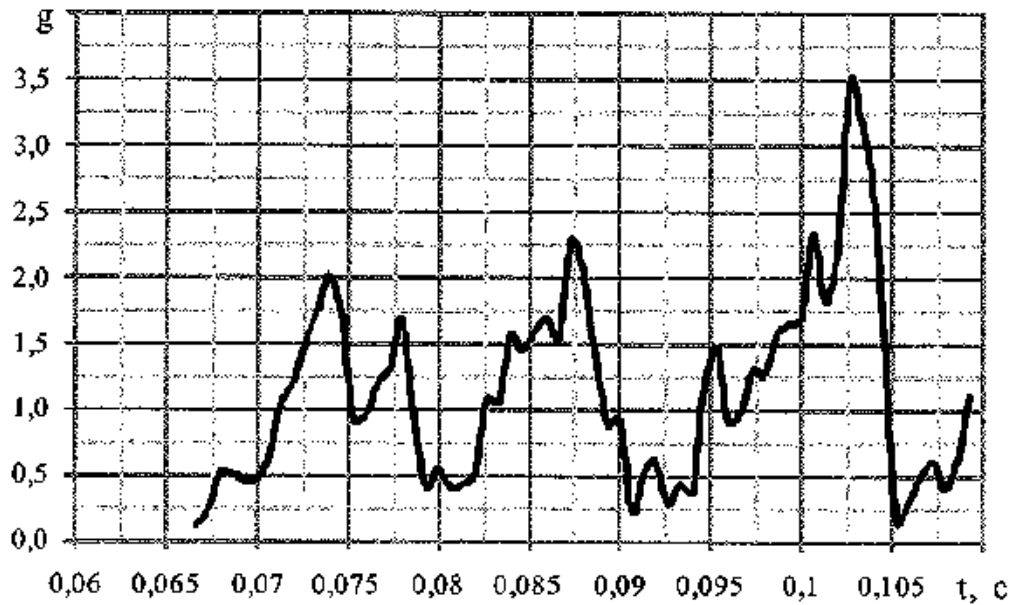


Рис. 8. Перший інтервал (власна частота – 73,2 гЦ, $\Delta t = 0,00067$ с.)

Таблиця 2. – Матриця відносних переміщень

| Позначення стовпців таблиці | | | | | | | | | |
|--|----|---|------------|------------|------------|---------|------------|----------|-----------|
| $g_{\text{векп}}$ – записані значення прискорень в одиницях g; | | | | | | | | | |
| ξ_k – визначається для k-го значення за формулою (1); | | | | | | | | | |
| ξ_i – визначається шляхом підсумовування від k до i; | | | | | | | | | |
| ζ – декремент загасання; | | | | | | | | | |
| Δt – інтервал часу, с; | | | | | | | | | |
| ω_n – власна частота без загасання, рад/с; | | | | | | | | | |
| ω_d – власна частота із загасанням. | | | | | | | | | |
| $g_{\text{векп}}$ | i | k | Δt | \ddot{X} | ω_n | ζ | ω_d | ξ_k | ξ_i |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 3,78 | 42 | 0 | 0,000667 | 37,11 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -8,1E-06 | -8,1E-06 |
| 3,52 | 42 | 1 | 0,000667 | 34,50 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -4,2E-07 | -8,51E-06 |
| 3,45 | 42 | 2 | 0,000667 | 33,89 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -8,4E-06 | -8,84E-06 |
| 3,35 | 42 | 3 | 0,000667 | 32,87 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -1,5E-05 | -2,38E-05 |
| 3,24 | 42 | 4 | 0,000667 | 31,78 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -2,1E-05 | -3,61E-05 |
| 3,13 | 42 | 5 | 0,000667 | 30,67 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -2,4E-05 | -4,46E-05 |
| 2,94 | 42 | 6 | 0,000667 | 28,87 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -2,4E-05 | -4,8E-05 |
| 2,73 | 42 | 7 | 0,000667 | 26,76 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -2,2E-05 | -4,59E-05 |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Закінчення табл. 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|----|----|----------|-------|--------|------|--------|----------|-----------|
| 2,42 | 42 | 8 | 0,000667 | 23,71 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -1,7E-05 | -3,88E-05 |
| 2,20 | 42 | 9 | 0,000667 | 21,63 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -1,2E-05 | -2,88E-05 |
| 1,97 | 42 | 10 | 0,000667 | 19,34 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -6,2E-06 | -1,81E-05 |
| 2,07 | 42 | 11 | 0,000667 | 20,27 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -1,2E-06 | -7,41E-06 |
| 1,95 | 42 | 12 | 0,000667 | 19,12 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 4,19E-06 | 3,002E-06 |
| 1,95 | 42 | 13 | 0,000667 | 19,09 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 9,24E-06 | 1,342E-05 |
| 1,91 | 42 | 14 | 0,000667 | 18,75 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 1,33E-05 | 2,258E-05 |
| 1,98 | 42 | 15 | 0,000667 | 19,44 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 1,71E-05 | 3,042E-05 |
| 1,83 | 42 | 16 | 0,000667 | 17,97 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 1,74E-05 | 3,448E-05 |
| 1,77 | 42 | 17 | 0,000667 | 17,39 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 1,68E-05 | 3,424E-05 |
| 1,79 | 42 | 18 | 0,000667 | 17,58 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 1,54E-05 | 3,227E-05 |
| 1,76 | 42 | 19 | 0,000667 | 17,30 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 1,21E-05 | 2,754E-05 |
| 1,85 | 42 | 20 | 0,000667 | 18,11 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 8,17E-06 | 2,029E-05 |
| 1,75 | 42 | 21 | 0,000667 | 17,17 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 2,61E-06 | 1,079E-05 |
| 1,68 | 42 | 22 | 0,000667 | 16,53 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -2,8E-06 | -2,14E-07 |
| 1,75 | 42 | 23 | 0,000667 | 17,15 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -8,4E-06 | -1,12E-05 |
| 1,82 | 42 | 24 | 0,000667 | 17,85 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -1,4E-05 | -2,21E-05 |
| 1,79 | 42 | 25 | 0,000667 | 17,58 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -1,7E-05 | -3,1E-05 |
| 1,81 | 42 | 26 | 0,000667 | 17,76 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -2E-05 | -3,71E-05 |
| 1,84 | 42 | 27 | 0,000667 | 18,05 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -2,1E-05 | -4,05E-05 |
| 1,86 | 42 | 28 | 0,000667 | 18,23 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -1,9E-05 | -4,01E-05 |
| 1,77 | 42 | 29 | 0,000667 | 17,33 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -1,5E-05 | -3,47E-05 |
| 1,86 | 42 | 30 | 0,000667 | 18,20 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -1,1E-05 | -2,64E-05 |
| 1,84 | 42 | 31 | 0,000667 | 18,01 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -4,9E-06 | -1,61E-05 |
| 1,82 | 42 | 32 | 0,000667 | 17,83 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 1,78E-06 | -3,15E-06 |
| 1,84 | 42 | 33 | 0,000667 | 18,01 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 8,58E-06 | 1,036E-05 |
| 1,72 | 42 | 34 | 0,000667 | 16,84 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 1,38E-05 | 2,237E-05 |
| 1,69 | 42 | 35 | 0,000667 | 16,56 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 1,81E-05 | 3,193E-05 |
| 1,58 | 42 | 36 | 0,000667 | 15,51 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 1,98E-05 | 3,793E-05 |
| 1,45 | 42 | 37 | 0,000667 | 14,20 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 1,91E-05 | 3,885E-05 |
| 1,54541 | 42 | 38 | 0,000667 | 15,16 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 1,94E-05 | 3,851E-05 |
| 1,43799 | 42 | 39 | 0,000667 | 14,11 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 1,55E-05 | 3,497E-05 |
| 1,39404 | 42 | 40 | 0,000667 | 13,68 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 1,11E-05 | 2,658E-05 |
| 1,47583 | 42 | 41 | 0,000667 | 14,48 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 6,23E-06 | 1,728E-05 |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 3. – Матриця відносних прискорень

| Позначення стовпців таблиці $\ddot{\xi}_k$ – визначається для k-го значення за формулою (2) без вільного члена; $\ddot{\xi}_i$ – визначається шляхом підсумовування від k до i; ξ_i – відносне i – е переміщення вибирається з таблиці 1; $\xi_{своб,i}$ – вільний член формули (2): $\xi_{своб,i} = \omega_n^2 \cdot (2 \cdot \zeta^2 - 1) \cdot \xi_i$. | | | | | | | | | | |
|--|----|-------|------------|---------|------------|----------------|----------------|----------|----------------|--------------------------------------|
| i | k | X | ω_n | ζ | ω_d | $\ddot{\xi}_k$ | $\ddot{\xi}_i$ | ξ_i | $\xi_{своб,i}$ | $\ddot{\xi}_i + \ddot{\xi}_{своб,i}$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 42 | 0 | 37,11 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 0,0154 | 0,0154 | -8,1E-06 | 1,70 | 1,72 |
| 42 | 1 | 34,50 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 0,0163 | 0,0318 | -8,5E-06 | 1,79 | 1,82 |
| 42 | 2 | 33,89 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 0,0158 | 0,0321 | -8,8E-06 | 1,86 | 1,89 |
| 42 | 3 | 32,87 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 0,0136 | 0,0294 | -2,4E-05 | 5,01 | 5,04 |
| 42 | 4 | 31,78 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 0,0102 | 0,0238 | -3,6E-05 | 7,59 | 7,62 |
| 42 | 5 | 30,67 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 0,0056 | 0,0158 | -4,5E-05 | 9,37 | 9,39 |
| 42 | 6 | 28,87 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 0,0004 | 0,0061 | -4,8E-05 | 10,1 | 9,73 |
| 42 | 7 | 26,76 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -0,0050 | -0,0045 | -4,6E-05 | 9,66 | 9,65 |
| 42 | 8 | 23,71 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -0,0101 | -0,0151 | -3,9E-05 | 8,16 | 8,14 |
| 42 | 9 | 21,63 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -0,0144 | -0,0245 | -2,9E-05 | 6,07 | 6,04 |
| 42 | 10 | 19,34 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -0,0175 | -0,0319 | -1,8E-05 | 3,80 | 3,77 |
| 42 | 11 | 20,27 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -0,0190 | -0,0365 | -7,4E-06 | 1,56 | 1,52 |
| 42 | 12 | 19,12 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -0,0188 | -0,0378 | 3E-06 | -0,63 | -0,67 |
| 42 | 13 | 19,09 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -0,0168 | -0,0356 | 1,34E-05 | -2,82 | -2,86 |
| 42 | 14 | 18,75 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -0,0131 | -0,0299 | 2,26E-05 | -4,75 | -4,78 |
| 42 | 15 | 19,44 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -0,0081 | -0,0212 | 3,04E-05 | -6,40 | -6,42 |
| 42 | 16 | 17,97 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -0,0022 | -0,0103 | 3,45E-05 | -7,25 | -7,26 |
| 42 | 17 | 17,39 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 0,0042 | 0,0020 | 3,42E-05 | -7,20 | -7,20 |
| 42 | 18 | 17,58 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 0,0103 | 0,0145 | 3,23E-05 | -6,79 | -6,77 |
| 42 | 19 | 17,30 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 0,0157 | 0,0260 | 2,75E-05 | -5,79 | -5,77 |
| 42 | 20 | 18,11 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 0,0197 | 0,0353 | 2,03E-05 | -4,27 | -4,23 |
| 42 | 21 | 17,17 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 0,0220 | 0,0417 | 1,08E-05 | -2,27 | -2,23 |
| 42 | 22 | 16,53 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 0,0223 | 0,0442 | -2,1E-07 | 0,04 | 0,09 |
| 42 | 23 | 17,15 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 0,0205 | 0,0427 | -1,1E-05 | 2,35 | 2,40 |
| 42 | 24 | 17,85 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 0,0166 | 0,0371 | -2,2E-05 | 4,65 | 4,68 |
| 42 | 25 | 17,58 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 0,0111 | 0,0278 | -3,1E-05 | 6,53 | 6,56 |
| 42 | 26 | 17,76 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 0,0044 | 0,0156 | -3,7E-05 | 7,81 | 7,82 |
| 42 | 27 | 18,05 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -0,0029 | 0,0015 | -4E-05 | 8,51 | 8,51 |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Закінчення табл. 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----|----|-------|--------|------|--------|---------|---------|----------|-------|-------|
| 42 | 28 | 18,23 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -0,0102 | -0,0132 | -4E-05 | 8,42 | 8,41 |
| 42 | 29 | 17,33 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -0,0168 | -0,0270 | -3,5E-05 | 7,30 | 7,27 |
| 42 | 30 | 18,20 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -0,0220 | -0,0388 | -2,6E-05 | 5,56 | 5,52 |
| 42 | 31 | 18,01 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -0,0252 | -0,0472 | -1,6E-05 | 3,38 | 3,33 |
| 42 | 32 | 17,83 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -0,0262 | -0,0514 | -3,2E-06 | 0,66 | 0,61 |
| 42 | 33 | 18,01 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -0,0247 | -0,0509 | 1,04E-05 | -2,18 | -2,23 |
| 42 | 34 | 16,84 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -0,0209 | -0,0456 | 2,24E-05 | -4,70 | -4,75 |
| 42 | 35 | 16,56 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -0,0149 | -0,0358 | 3,19E-05 | -6,72 | -6,75 |
| 42 | 36 | 15,51 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | -0,0073 | -0,0222 | 3,79E-05 | -7,98 | -8,00 |
| 42 | 37 | 14,20 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 0,0011 | -0,0062 | 3,89E-05 | -8,17 | -8,18 |
| 42 | 38 | 15,16 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 0,0098 | 0,0109 | 3,85E-05 | -8,10 | -8,09 |
| 42 | 39 | 14,11 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 0,0178 | 0,0276 | 3,5E-05 | -7,36 | -7,33 |
| 42 | 40 | 13,68 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 0,0243 | 0,0421 | 2,66E-05 | -5,59 | -5,55 |
| 42 | 41 | 14,48 | 459,75 | 0,05 | 459,17 | 0,0288 | 0,0531 | 1,73E-05 | -3,63 | -3,58 |

Власна частота – 73,2 Гц, максимальний СУВ – 9,73g

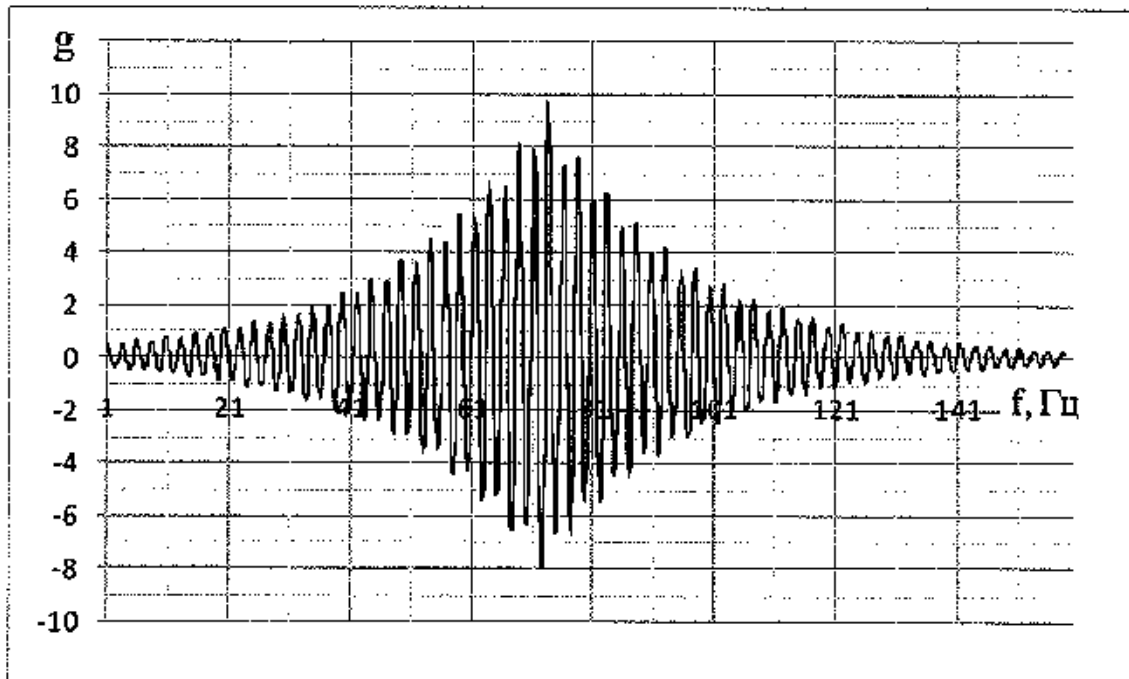


Рис. 9. Крива СУВ (власна частота 73,17 Гц)

Аналогічні розрахунки виконувалися для всіх тимчасових інтервалів кожного дослідження, результати обчислень СУВ наведені в таблиці 4 та 5.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 4. – Дані для проведення розрахункових досліджень

| № досліду | Сила удару, кН (тс) | Кількість ділянок | Номер ділянки | Тривалість, с | Власна частота, Гц |
|-----------|---------------------|-------------------|---------------|---------------|--------------------|
| 1 | 2315 (236) | 2 | 1 | 0,02733 | 73,17 |
| | | | 2 | 0,04066 | 24,59 |
| 2 | 1746 (178) | 4 | 1 | 0,01666 | 60,00 |
| | | | 2 | 0,01466 | 68,18 |
| | | | 3 | 0,03933 | 50,84 |
| 3 | 1393 (142) | 1 | 1 | 0,04000 | 50,00 |
| 4 | 1030 (105) | 1 | 1 | 0,02666 | 75,00 |

Таблиця 5. – Табличне представлення точок кривої СУВ

| Частота, Гц | Експериментальні значення прискорень, g | Мінімальні допустимі $1,95 \cdot \omega_n^{0,355}$, g |
|-------------|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 24,59 | 6,90 | 6,08 |
| 1 | 2 | 3 |
| 50,00 | 8,73 | 7,82 |
| 50,85 | 9,13 | 7,87 |
| 60,00 | 8,95 | 8,34 |
| 68,18 | 9,05 | 8,73 |
| 73,17 | 9,73 | 8,95 |
| 75,00 | 9,18 | 9,03 |

Порівняльна гістограма значень СУВ для отриманих власних частот свідчить, що їх величини перевищують нормовані значення (рис. 10). Рівняння експериментальної кривої СУВ в діапазоні частот 0-100 Гц описується степеневою залежністю. Коефіцієнти рівняння визначалися статистичним методом максимальної правдоподібності, при цьому коефіцієнт детермінації склав 0,897, що є задовільним значенням. Порівняльний аналіз показав, що експериментальна крива СУВ в діапазоні частот 0-100 Гц перевищує нормовану криву (рис.11).

Функціональні залежності відносних переміщень (рис. 12) і прискорень (рис. 13) від часу процесу мають яскраво виражений гармонійний характер.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

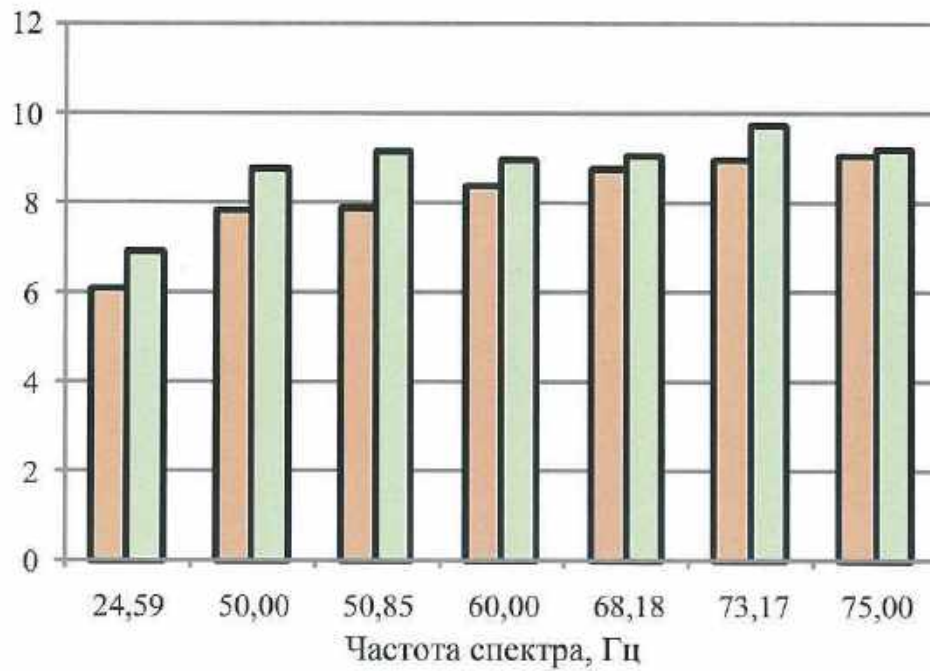


Рис. 10. Порівняльні гістограми СУВ за результатами експериментальних досліджень



Рис. 11. Порівняльні криві СУВ

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

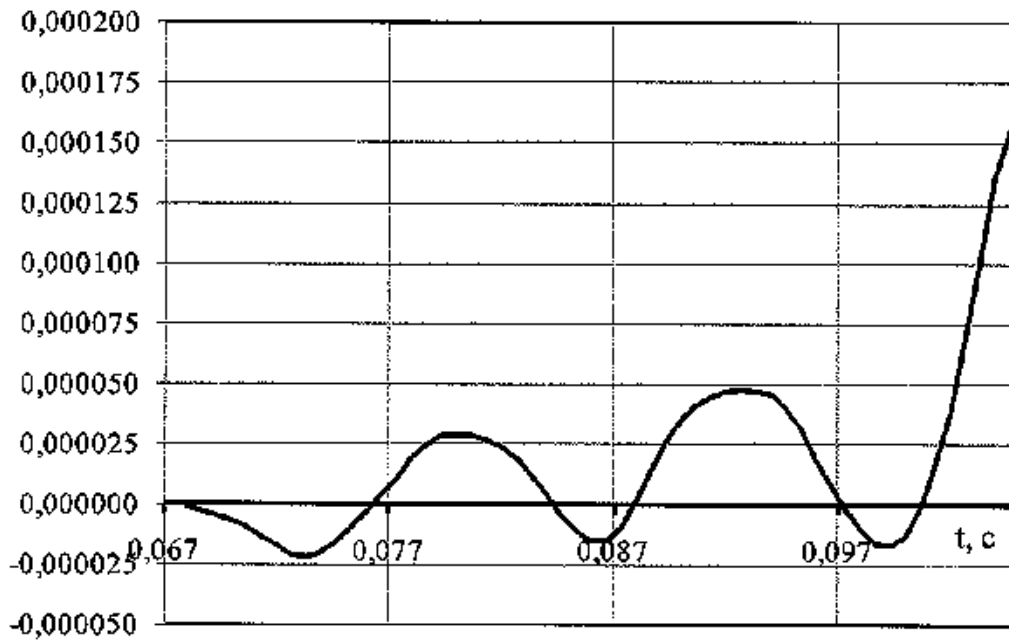


Рис. 12. Діаграма відносних переміщень

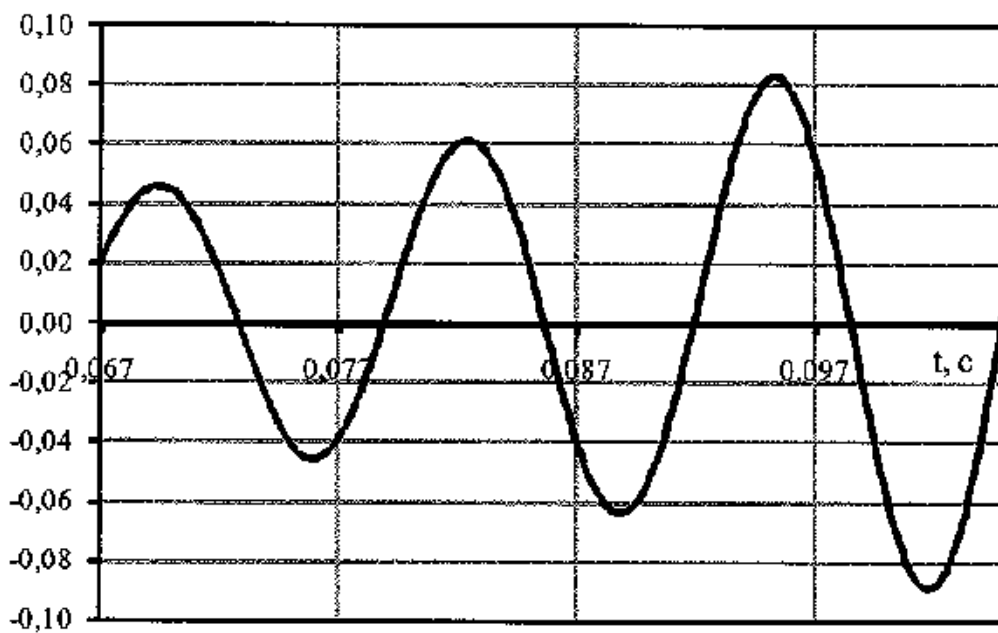


Рис. 13. Діаграма відносних прискорень

Очевидно, формули (1) і (2) перетворюють ударний імпульс в гармонійний хвильовий процес, який характерний для імітації дії морських хвиль на контейнер при перевезенні морськими судами.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Слід зазначити, що сила ударної дії, що реалізується на залізничному вагоні, представляє високочастотний, швидкозагасаючий імпульс тривалістю не більше 1 с. (рис. 14)

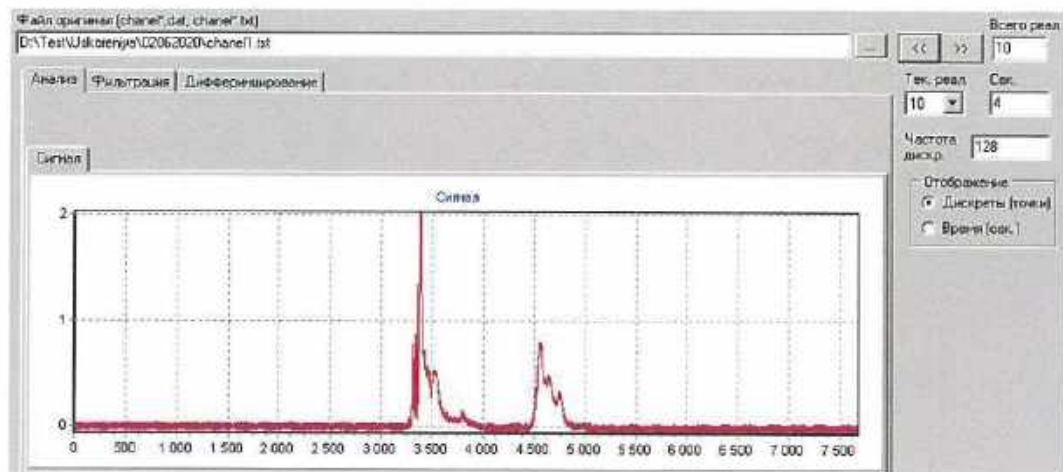


Рис. 14. Ударний імпульс, що реалізується на вагоні

Така особливість потребує застосовувати, для отримання достовірних результатів досліджень, достатньо велику кількість дослідів (співударянь), до того ж, для типової схеми співударянь (див. рис. 2) практично неможливо отримати частоти коливань менше 50 Гц.

Для вирішення вказаної проблеми запропоновано використати вагон-цистерну з наливною рідиною, процеси в якій при ударі істотно відрізняються від інших вантажних вагонів.

У момент ударної дії, на рідину, що знаходиться в цистерні, діє подовжня сила інерції, через що, виникає короткочасний, але значний тиск рідини (гідроудар) на переднє днище. Тиск гідроудару залежить від багатьох чинників:

- Швидкості руху і прискорення вагона-бойка, у момент співударяння, а також його маси;
- Щільності і динамічній в'язкості наливої рідини;
- Рівень недоливу рідини у вагоні-цистерни.

Гідроудар в повністю (рис. 15) і частково (рис. 16) завантаженої цистерни мають істотні відмінності.

Встановлено, що в котлі з частковим недоливом відбуваються хвильові процеси рідини, обумовлені періодичним інерційним перетіканням рідини від одного кінця котла (днища) до іншого (днища).

Періодичні ударні дії на цистерну, викликані коливаннями рідини, обумовлюють можливість її використання для випробувань контейнера-цистерни.

В зв'язку з цим, пропонується наступна схема проведення випробувань контейнерів-цистерн (рис.17):

1. створюється зчеп з вагону-цистерни і залізничної платформи з контейнером-цистерною;
2. платформа з контейнером-цистерною фіксується на залізничній колії гальмівними башмаками з обох боків;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

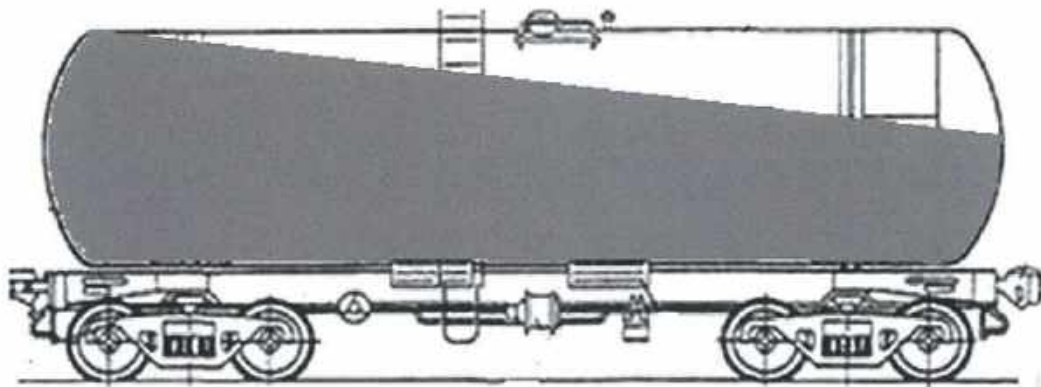


Рис. 15. Розподіл тиску рідини в котлі за умов повністю завантаженої цистерни, викликані ударною дією

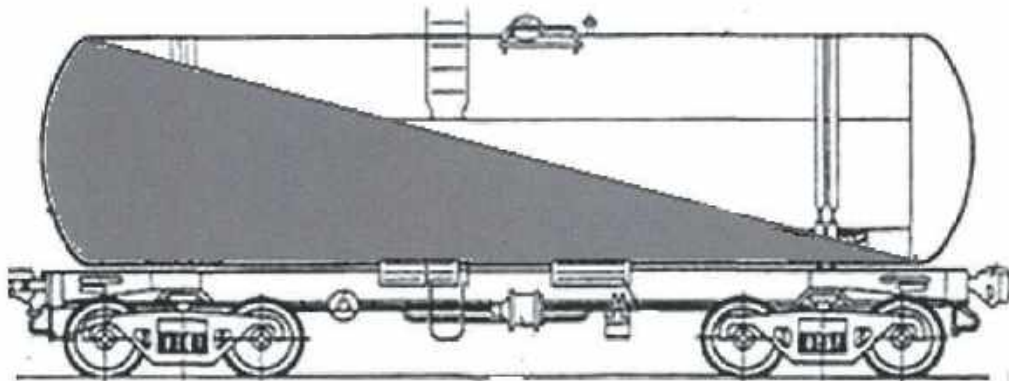


Рис. 16. Розподіл тиску рідини в котлі при частковому завантаженні цистерни, викликані ударною дією

3. випробування проводяться шляхом накочення вагона-бойка на вагон-цистерну;
4. вагон-цистерна заливається лише водою на $2/3$ від власного об'єму котла [3].

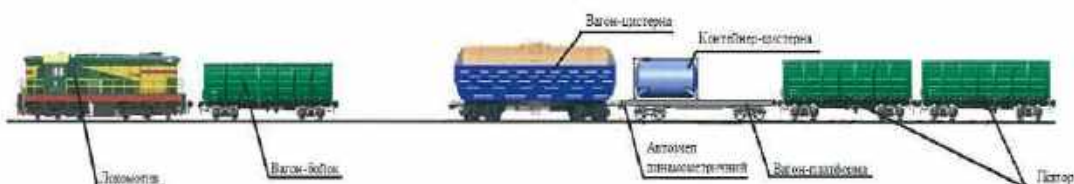


Рис. 17. Схема проведення випробувань контейнера на ударні навантаження

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Сили, які діятимуть на контейнер при співударянні можна розрахувати наступним чином. Фітинги жорстко, за допомогою зварки, пов'язані з платформою і, отже, всі динамічні процеси платформи, як пружного тіла, відбиватимуться на фітингах.

Оскільки при повній місткості котла, хвильові процеси на поверхні рідини відсутні (рідина нестискувана), то контейнер можна розглядати по відношенню до платформи як абсолютно тверде тіло.

Сила інерції, прикладена до центру тяжіння контейнера, визначиться за формулою (4):

$$F_{i,k} = F_y \cdot \frac{m_k}{m_{пг} + m_k} \quad (4)$$

де F_y – сила ударного впливу на платформу, $F_y = 2315,16$ кН (236 тс)
(див. рис. 4);

$F_{i,k}$ – сила інерції, діюча на контейнер;

m_k – маса контейнера, $m_k = 37$ т;

$m_{пг}$ – маса платформи, $m_{пг} = 21$ т.

З урахуванням вагових характеристик, сила інерції контейнера складе:

$$F_{i,k} = 2315,16 \cdot \frac{37}{21+37} = 1476,9 \text{ кН (150,5 тс)}, \quad (5)$$

а прискорення контейнера буде дорівнювати:

$$a_{i,k} = \frac{1476,9}{37} = 39,91 \text{ кс/см}^2 \text{ (4,07 g)}. \quad (6)$$

Проведені розрахунки показали, що прискорення контейнера (4,07 g) відрізняється від прискорення платформи (5,22 g, див. рис. 4) на 22 % в меншу сторону.

Максимальний тиск (гідроудар) реалізується поблизу днища котла контейнера розташованого з боку удару (з протилежного боку тиск дорівнює нулю) визначиться за формулою (7):

$$P_{\text{max}} = \frac{4 \cdot F_{i,k}}{\pi \cdot D_k^2} = \frac{4 \cdot 1476,9}{3,1416 \cdot 2,896^2} = 224,21 \text{ кПа}, \quad (7)$$

де D_k – діаметр котла, $D_k = 2,896$ м;

Сила інерції контейнера, прикладена до центру тяжіння контейнера, викликає момент відносно передніх фітингів, що викликає додаткове вантаження передніх фітингів вертикальними навантаженнями.

Вертикальне навантаження на передні фітинги, обумовлене силою інерції, визначиться по формулі (8):

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$$R_{k,1} = F_{u,k} \cdot \frac{D_k}{2 \cdot L_k} = 1476,9 \cdot \frac{2,896}{2 \cdot 6,058} = 706,02 \text{ кН (112,8 тс)}, \quad (8)$$

де $F_{u,k}$ – сила інерції контейнера, кН;

D_k – діаметр котла, м;

L_k – довжина контейнера, м

Таким чином, сумарне вертикальне навантаження на передні фітинги, з урахуванням вагових характеристик контейнера, складе:

$$SR_{k,1} = \frac{S_k}{2} + R_{k,1} = \frac{362,97}{2} + 706,02 = 887,5 \text{ кН (90,5 тс)}, \quad (9)$$

Відповідно на задніх фітингах вертикальна сила буде дорівнювати:

$$SR_{k,1} = \frac{S_k}{2} - R_{k,1} = \frac{362,97}{2} - 706,02 = -343 \text{ кН (-34,95 тс)}, \quad (10)$$

при цьому задні фітинги зневантажуються (рис. 18), а консольна частина платформи піддається дії значних вертикальних сил.

Приймаючи коефіцієнт тертя між металом контейнера об метал платформи рівним 0,25, то сила тертя між контейнером і платформою складе:

$$F_{\text{тр}} = 887,5 \cdot 0,25 = 221,9 \text{ кН.}$$

Висока величина сили тертя може блокувати переміщення контейнера в подовжньому напрямку відносно платформи.

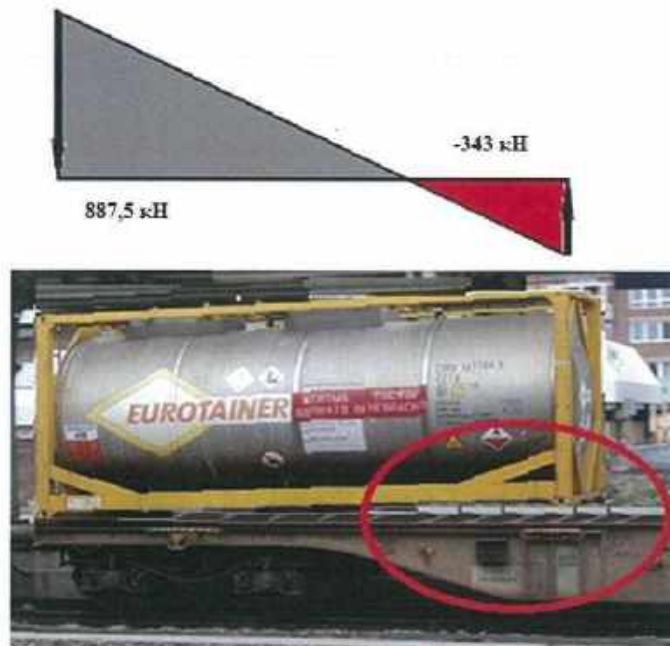


Рис. 18. Схема навантаження контейнера-цистерни при гідроударі

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Висновки.

На підставі аналізу проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. На підставі результатів виконаних досліджень встановлено, що контейнер-цистерна задовольняє нормативним вимогам [1];
2. Існуюча схема проведення випробувань створює ударні високочастотні і короткочасні імпульси, що не дозволяє отримати результати для частот менше 50 Гц;
3. Встановлено, що для побудови кривої СУВ в частотному діапазоні до 100 Гц, потрібно велике число співударянь (ударів), внаслідок чого необхідно значні фінансові ресурси та витрати часу на проведення таких досліджень;
4. Запропоновану схему проведення випробувань, за якої реалізуються періодичні ударні дії на платформу, проте така схема вимагає проведення попередніх досліджень для підтвердження можливості її використання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Европейское соглашение о международной перевозке опасных грузов по внутренним водным путям (ВОПОГ). ЧАСТЬ 4. Положения, касающиеся использования тары цистерны и грузовых транспортных единиц для перевозки грузов навалом/насыпью. 1103 с.
2. «Нормы для расчёта и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных), ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996 г. 317 с.
3. Правила перевезення рідких вантажів наливаним у вагонах-цистернах та вагонах бункерного типу для перевезення нафтобітуму, 2009 р. 65 с.

Y.Y. Vodiannikov

State Enterprise «Ukrainian Railway Car Building Research Institute»
33 I.Pryhodko Str., Kremenchuk, Ukraine, 39621
E-mail: office@ukrndiv.com.ua
tel.: +38 (05366) 6 03 24

P.O. Khozia

State Enterprise «Ukrainian Railway Car Building Research Institute»
33 I.Pryhodko Str., Kremenchuk, Ukraine, 39621
E-mail: office@ukrndiv.com.ua
tel.: +38 (05366) 6 03 24
ORCID: 0000-0001-8948-6032

V.S. Rechkalov

State Enterprise «Ukrainian Railway Car Building Research Institute»
33 I.Pryhodko Str., Kremenchuk, Ukraine, 39621
E-mail: office@ukrndiv.com.ua
tel.: +38 (05366) 6 03 24

E.V. Tretiak

State Enterprise «Ukrainian Railway Car Building Research Institute»
33 I.Pryhodko Str., Kremenchuk, Ukraine, 39621
E-mail: office@ukrndiv.com.ua
tel.: +38 (05366) 6 03 24
ORCID: 0000-0002-3429-5674

ASPECTS OF TANK-CONTAINER TESTS FOR COMPLIANCE WITH THE REQUIREMENTS OF THE UN SHIPPING REGISTER

The article deals the method of calculation studies of impact tests of tank containers to confirm the ability of portable tanks and multi-element gas containers to withstand the impact in the longitudinal direction on a specially equipped stand accredited in the certification system of the Register of Shipping of Ukraine, or using a railway platform and executing an impact force generated by a wagon-striker in accordance with the requirements of the UN Register of Shipping. It is shown that the main estimated characteristic of the UN requirements is the impact response spectrum (accelerations) for the interval natural frequencies of the impact impulse. The calculation of the points of the impact response spectrum curve according to the test results is shown in four stages. The test configuration of a railway platform with a tank-container for impact loads is presented, in which the impact is performed in such a way that the curve of the impact response spectrum obtained during the tests of both fittings under a single impact repeated or exceeded the minimum impact response curve spectrum at all frequencies in the range from 2 Hz to 100 Hz. The matrices of relative displacements and accelerations for the interval natural frequencies of the impact wave are given. The results of the research are presented in graphical form, which shows that the experimental values of the impact response spectrum exceed the minimum allowable values. The equation of the experimental curve of the shock response spectrum in the frequency range 0-100 Hz is described by the power dependence; the coefficients of the equation were determined by the statistical method of the maximum likelihood, with the determination factor being 0.897, which is a satisfactory value. The comparative analysis showed that the experimental curve of the impact response spectrum in the frequency range 0-100 Hz exceeds the normalized curve, which confirms compliance with regulatory requirements. It is proposed to use a new test configuration using a tank car with bulk liquid, where the processes occurring under impact significantly differ from other freight cars subjected to longitudinal impact loads of the tank container. The hydraulic shock caused by the impact on the tank container and the platform creates a turning moment, which causes the rear fittings to be unloaded.

Key words: tank-container, impact loads, acceleration, determination factor

REFERENCES

1. Yevropeyskoye soglasheniye o mezhdunarodnoy perezovke opasnykh gruzov po vnutrennim vodnym putyam (VOPOG). CHAST' 4. Polozheniya, kasayushchiyesya ispol'zovaniya tary tsistem i gruzovykh transportnykh yedinit dlya pere-vozki gruzov navalom/nasyp'yu. pp.1103.
2. «Normy dlya raschete i proyektirovaniya vagonov zheleznykh dorog MPS kolei 1520 mm(nesamokhodnykh), GosNIIV-VNIIZHT, 1996 g. pp.317.
3. Pravyla perezvezennya ridkykh vantazhiv nalyvannyam u vahonakh-tsystemakh ta vahonakh bunkernoho typu dlya perezvezennya naftobitumu, 2009 r. pp.65.

Н.В. Лупітько*

Державне підприємство „Український науково - дослідний інститут вагонобудування”
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: +38 (05366) 6-00-28

І. В. Гладких

Державне підприємство „Український науково - дослідний інститут вагонобудування”
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: +38 (05366) 6-01-42

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНОГО СТАНУ ІНВЕНТАРНОГО ПАРКУ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ»

Супинь зносу пасажирських вагонів АТ «Укрзалізниці» за різними оцінками становить від 88-93%. Його старіння триває швидкісними темпами і не компенсується надходженнями нових вагонів. В роботі проаналізовано сучасний стан інвентарного парку пасажирських вагонів. Приведені дані щодо поповнення парку пасажирських вагонів АТ «Укрзалізниці» по роках побудови: з 1951-1979 рік було придбано 1708 вагонів; з 1980-1991 рік було придбано 3881 вагонів; з 1992 по 2009 було придбано 532 одиниці; 2010-2011 рік придбали 30 вагонів; у 2016 році було придбано лише 9; у 2017 - 50 одиниць; за 2018-2019 – 26 пас. вагонів. Надана структура парку пасажирських вагонів за видами на 09.10.2020 р. Наведенні статистичні дані пасажирських перевезень залізничним транспортом України. Розглянуто роботу пасажирського транспорту у січні – вересні 2020 року у порівнянні з аналогічним періодом 2019 року. Стрімке падіння пасажирських перевезень залізницею у 2020 році пов'язано з введенням жорсткого карантину в Україні у зв'язку пандемією коронавірусу COVID-19. Так пасажирські перевезення залізницею було повністю зупинено з 11 березня 2020 року, та частково відновлено – у другій половині травня. Під час карантину кількість призначених поїздів суттєво зменшилася, а продаж квитків на ці поїзди здійснювалася на обмежену кількість місць у вагонах (50% місць), тому збитки Укрзалізниці збільшилися, як мінімум у півтора - два рази (приблизно на 1 млрд гривень, враховуючи те, що такі перевезення носять соціальний характер, а ціни на них регулюються державою). Наведено статистичні дані щодо виробництва пасажирських вагонів вітчизняними підприємствами. Проаналізовано сучасний стан парку пасажирських вагонів АТ «Укрзалізниці» та зроблено відповідні висновки та надано рекомендації щодо необхідного об'єму оновлення парку пасажирських вагонів.

Ключові слова: пасажирські вагони, залізничний транспорт, залізничні перевезення, АТ «Укрзалізниця», пандемія коронавірусу COVID-19, інвентарний парк, вагонобудівні підприємства, модернізація, капітальний ремонт.

© Лупітько Н.В., Гладких І.В., 2020

Н.В. Лупицько*

Государственное предприятие "Украинский научно - исследовательский институт вагостроения"

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

Телефон: +38 (05366) 6-00-28

И.В. Гладких

Государственное предприятие "Украинский научно - исследовательский институт вагостроения"

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

Телефон: +38 (05366) 6-01-42

ИССЛЕДОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ИНВЕНТАРНОГО ПАРКА ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ АО «УКРЗАЛИЗНИЦІ»

Степень износа пассажирских вагонов АО «Укрзалізниця» по разным оценкам составляет от 88-93%. Это продолжается скоростными темпами и не компенсируется поступлением новых вагонов. В работе проанализировано состояние инвентарного парка пассажирских вагонов на сегодняшний день. Приведены данные по пополнению парка пассажирских вагонов АО «Укрзалізниця» по годам постройки: с 1951-1979 год было приобретено 1708 вагонов; с 1980-1991 год было приобретено 3881 вагон; с 1992 по 2009 было приобретено 532 единицы; 2010-2011 год приобрели 30 вагонов; в 2016 году было приобретено лишь 9; в 2017 - 50 единиц; за 2018-2019 - 26 пасс. вагонов. В работе предоставлена структура парка пассажирских вагонов по видам состоянием на 09.10.2020 г. Приведены статистические данные пассажирских перевозок железнодорожным транспортом Украины. Рассмотрена работа пассажирского транспорта в январе - сентябре 2020 года по сравнению с аналогичным периодом 2019 года. Стремительное падение пассажирских перевозок по железной дороге в 2020 году связано с введением жесткого карантина в Украине в связи с пандемией коронавируса COVID-19. Так, пассажирские перевозки по железной дороге были полностью остановлены с 11 марта 2020 года, и частично восстановлены - во второй половине мая. Во время карантина количество назначенных поездов существенно уменьшилось, а продажа билетов на эти поезда осуществлялась на ограниченное количество мест в вагонах (50% мест), поэтому убытки АО «Укрзалізниця» увеличились, как минимум в полтора - два раза (примерно на 1 млрд гривен, учитывая то, что такие перевозки носят социальный характер, а цены на них регулируются государством). Наведены статистические данные по производству пассажирских вагонов отечественными предприятиями. Проанализировано современное состояние парка пассажирских вагонов АО «Укрзалізниця» и сделаны соответствующие выводы и даны рекомендации по необходимым объемам обновления парка пассажирских вагонов.

Ключевые слова: пассажирские вагоны, железнодорожный транспорт, железнодорожные перевозки, АО «Укрзалізниця», пандемия коронавируса COVID-19, инвентарный парк, вагоностроительные предприятия, модернизация, капитальный ремонт.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Вступ. Основне завдання сьогодення є відповідність транспорту цілям зближення України до Європейського економічного співтовариства та відповідність транспортних комунікацій держави до умов європейської інтеграції.

Сьогоднішній технічний стан пасажирського рухомого складу залізниць України потребує його термінової заміни та розвитку, але економічна ситуація в державі не дозволяє виконати поставлене завдання негайно.

Залізничний транспорт є стратегічною галуззю не лише завдяки вагомим кількісним і фінансово-економічним показникам у масштабах держави, але і тому, що забезпечує економічні і соціально-культурні зв'язки в суспільстві, чим стимулює його подальший розвиток. Основним завданням пасажирських залізничних перевезень є формування доступної і стабільної транспортної системи для максимального покриття транспортних потреб населення у пасажирських перевезеннях в безпечних і комфортних умовах. На сьогоднішній день пасажирський залізничний транспорт в Україні перебуває на межі своїх можливостей у задоволенні попиту населення на транспортну послугу. Його внутрішній потенціал практично вичерпаний, наявні резерви і ресурси не дозволяють не лише розвиватися, а й забезпечувати стає функціонування. Внутрішні проблеми, з якими стикається залізничний транспорт, є поступова втрата ринку перевезень і хронічна збитковість пасажирського сектору. Саме тому, проблема оновлення рухомого складу зараз висувається на перший план та набуває державного рівня.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз сучасного стану пасажирських вагонів та проблеми управління пасажирськими парками досліджувалося різними фахівцями в багатьох роботах [1], [2], [3], [4].

Мета роботи. Метою даної роботи є проведення аналізу сучасного стану інвентарного парку пасажирських вагонів АТ «Укрзалізниця».

Результати досліджень. Пасажирські перевезення залізничним транспортом грають важливу роль у забезпеченні внутрішніх перевезень України. На залізниці України припадає 27 % пасажирських перевезень (за даними Держстату) – на відміну від країн Європейського Союзу, де частка залізничних перевезень становить близько 7,6 % [5], [6]. З січня по вересень цього року послугами пасажирського транспорту скористалося 31,7 млн пасажирів, із них залізничним транспортом 1899,1 млн пасажирів. Загальна кількість перевезених пасажирів залізничним транспортом з 2000 по 2019 роки наведено у таблиці 1 [7].

Таблиця 1. - Перевезення пасажирів з 2000 по 2019 роки (млн. пас.)

| | 2000 | 2005 | 2010 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Транспорт | 7780 | 8200 | 6845 | 6623 | 5902 | 5167 | 4854 | 4648 | 4487 | 4263 |
| залізничний ¹ | 499 | 445 | 427 | 425 | 389 | 390 | 389 | 165 | 158 | 155 |

¹ За даними АТ "Укрзалізниця".

Об'ємні показники пасажирських перевезень по АТ "Укрзалізниця" за 2018-2019 роки по залізницям наведені в таблиці 2.

Розглянемо роботу пасажирського транспорту у січні – вересні 2020 року у порівнянні з аналогічним періодом 2019 року (див. на рисунку 1) [8].

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

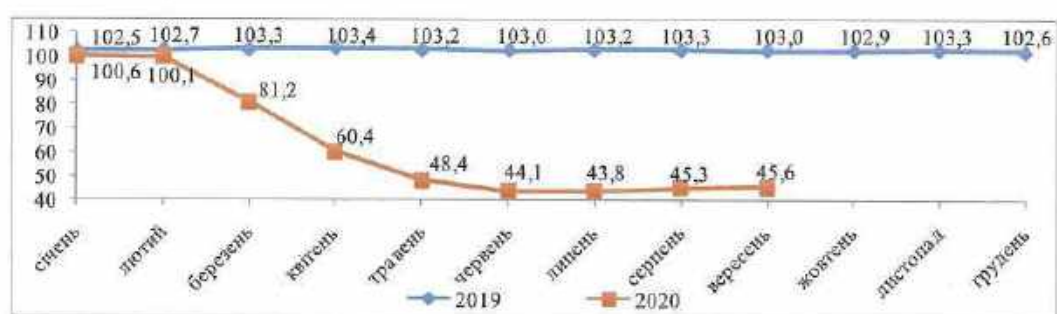


Рис. 1. Робота пасажирського транспорту 2019- 2020 (січень – вересень)

Стрімке падіння пасажирських перевезень залізницею у 2020 році пов'язано з введенням жорсткого карантину в Україні у зв'язку з пандемією коронавірусу COVID-19. Так, пасажирські перевезення залізницею було повністю зупинено з 11 березня 2020 року, та частково відновлено – у другій половині травня. Під час карантину кількість призначених поїздів суттєво зменшилася, а продаж квитків на ці поїзди здійснювалася на обмежену кількість місць у вагонах (50% місць), тому збитки Укрзалізниці збільшилися як мінімум у півтора - два рази (приблизно на 1 млрд гривень, враховуючи те, що такі перевезення носять соціальний характер, а ціни на них регулюються державою).

Таблиця 2.- Об'ємні показники пасажирських перевезень по АТ "Укрзаліниця" за 2018-2019 роки¹

| Назва показника | Період | Донець-ка | При-дніпр. | Пів-денна | П-Західна | Одеська | Львівсь-ка | Украї-на |
|--|---|-----------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Пасажиروобіг - всього (млн пас. км) | мін. рік | 624,53 | 3034,61 | 3705,13 | 10636,52 | 6358,96 | 4255,16 | 28614,91 |
| | викон. % до мін | 614,75 98,4 | 3081,38 101,5 | 3725,84 100,6 | 10489,61 98,6 | 6336,90 99,7 | 4107,63 96,5 | 28356,09 99,1 |
| | - дальнє | мін. рік | 441,98 | 2371,44 | 2545,87 | 9098,25 | 5689,59 | 3481,39 |
| - приміське | мін. рік | 182,55 | 663,17 | 1159,26 | 1538,27 | 669,38 | 773,77 | 4986,40 |
| | викон. %до мін | 164,58 90,2 | 655,08 98,8 | 1155,36 99,7 | 1645,62 107,0 | 698,51 104,4 | 693,82 89,7 | 5012,97 100,5 |
| | Відправлено пасажирів (тис чол.) | мін. рік | 6552,19 | 20690,46 | 32603,09 | 49475,55 | 16990,76 | 24850,67 |
| | викон. % до мін | 6123,63 93,5 | 19874,45 96,1 | 31380,39 96,2 | 51778,46 104,7 | 17019,72 100,2 | 23439,34 94,3 | 149616,00 99,0 |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Закінчення таблиці 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-------------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| - дальнє | мин. рік | 2197,50 | 5100,25 | 4807,01 | 19190,93 | 6541,93 | 9449,13 | 47286,74 |
| | викон. | 2284,99 | 5008,56 | 4587,25 | 19182,73 | 6280,12 | 8928,93 | 46272,59 |
| | % до мин | 104,0 | 98,2 | 95,4 | 100,0 | 96,0 | 94,5 | 97,9 |
| - приміське | мин. рік | 4354,69 | 15590,21 | 27796,09 | 30284,62 | 10448,84 | 15401,54 | 103875,99 |
| | викон. | 3838,64 | 14865,89 | 26793,14 | 32595,73 | 10739,60 | 14510,42 | 103343,41 |
| | % до мин | 88,1 | 95,4 | 96,4 | 107,6 | 102,8 | 94,2 | 99,5 |

¹ За даними АТ "Укрзалізниця".

Але, це не основна причина зниження пасажирських перевезень на сьогоднішній день. Якщо проаналізувати обсяг пасажирських перевезень залізничним транспортом, то до 2016 року він склав 40-44% від загального обсягу перевезень [9], а в період з 2016 - 2019 роки обсяг пасажирських перевезень скоротився приблизно до 27 % (дивись таблицю 3. Розподіл пасажирообігу за видами транспорту) [10], [11]. За останні 5 років Укрзалізниця втратила чверть попереднього обсягу перевезення пасажирів (таблиця 4.). Основними причинами зниження популярності залізничних пасажирських перевезень є:

- покращення послуг автомобільних перевезень та авіаперевезень;
- погіршення сервісу;
- незадовільний технічний стан пасажирських вагонів.

Таблиця 3. - Розподіл пасажирообігу за видами транспорту

| | (відсотки) | | | | |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| Транспорт | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Залізничний | 36 | 36 | 28 | 28 | 27 |
| Авіаційний | 12 | 15 | 20 | 25 | 28 |
| Автомобільний (автобуси) | 36 | 34 | 36 | 33 | 32 |

Таблиця 4. - Пасажирообіг залізничним транспортом

| | (млн пас. км) | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------------------|
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 (01.01 по 01.09) |
| Транспорт (крім авіакош) | 113166,3 | 116086,3 | 114303,6 | 110836,1 | 89946,1 | 81585,9 | 86997,5 | 83831,8 | 89162,4 | 92498 | 30355,4 |
| Залізничний транспорт ¹ | 50038,4 | 50837,4 | 49443,9 | 49098,3 | 35613,5 | 35425,6 | 36954 | 28043,4 | 28685,2 | 28413,5 | 8154,1 |

¹ За даними АТ "Укрзалізниця".

Для АТ «Укрзалізниця» залізничні пасажирські перевезення дуже збиткові. У 2019 році збитки від пасажирських перевезень перевищили 12 млрд грн і в даний час

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

держава не компенсує ці збитки. АТ «Укрзалізниця» покриває ці витрати за рахунок прибутку від вантажних перевезень. Але це не панацея, а швидше згубна практика: ці кошти спрямовуються на покриття витрат, замість того, щоб спрямувати їх на оновлення і розвиток засобів виробництва - перш за все інфраструктури і тяги. Тут частково і криється причина фактично повної відсутності розвитку і оновлення основних фондів залізниці [12].

Рухомий склад є основним ресурсом, який забезпечує ефективність господарської діяльності у сфері пасажирських перевезень. Слід зазначити, що нинішній технічний стан пасажирського рухомого складу не відповідає сучасним вимогам комфорту пасажирів та якості послуг перевезень, які надаються населенню, тому однією з найгостріших проблем для товариства залишається фізичне та моральне старіння рухомого складу.

Розглянемо детально обсяг і стан пасажирських вагонів в Україні, які є одними з найважливіших факторів ефективної роботи залізниці.

Станом на 09.10.2020 року інвентарний парк пасажирських вагонів філіалу «Пасажирська компанія» АТ «Укрзалізниця» складає 3883 одиниці. З них 1869 плацкартних вагонів (в експлуатації лише 1280 вагонів), купейних 1505 вагонів (в експлуатації 1233 вагони) та 209 СВ вагонів (в експлуатації лише 168 вагонів) (дивись рис. 2.) [13].

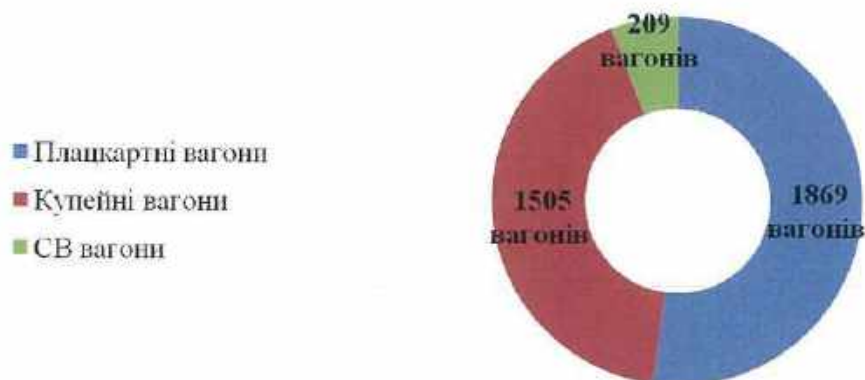


Рис. 2. Структура загального парку пасажирських вагонів в АТ «Укрзалізниця» станом на 09.10.2020 року

За даними Державної служби статистики України інвентарна кількість пасажирських вагонів власності АТ "Укрзалізниця" приведена в таблиці 5.

Таблиця 5. - Інвентарна кількість пасажирських вагонів (на кінець року)

| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|---|------|------|------|------|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Пасажирські вагони ¹ , тис., з них | 5,2 | 4,5 | 4,5 | 4,3 | 4 |
| м'які | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Закінчення таблиці 5

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|
| не купейні | 2,7 | 2,2 | 2,2 | 2,1 | 2 |
| купейні | 1,9 | 1,6 | 1,7 | 1,6 | 1,5 |
| міжобласні | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,03 |
| вагони-ресторани | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,04 |
| багажні, поштово-багажні | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,02 |

¹ За даними АТ "Укрзалізниця", 2015 рік – без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим та м. Севастополя, з 2016 року – також без урахування частини тимчасово окупованих територій у Донецькій та Луганській областях.

Одним із основних факторів, що впливає на зміни в структурі парку, є його моральний і фізичний знос. Середній термін експлуатації пасажирського вагону становить від 28 років, впродовж яких один купейний вагон перевозить близько 220 тис. пасажирів, проходить в середньому 5 капітальних та 10 деповських ремонтів. Розглянемо розподіл пасажирських вагонів за роками випуску на кінець 2019 року (таблиця 6.).

Таблиця 6. - Розподіл пасажирських вагонів за роками випуску на кінець 2019 року (%)¹

| | Усього | У тому числі за роками випуску | | | | |
|--------------------|--------|--------------------------------|------------|-------------|-------------|-----------------|
| | | до 8 років | 9-15 років | 16-25 років | 26-28 років | більше 28 років |
| Пасажирські вагони | 100,0 | 2,2 | 7,8 | 3,0 | 8,0 | 79,0 |

¹ За даними АТ "Укрзалізниця"

Ступінь зносу пасажирських вагонів за різними оцінками становить від 88-93%. Його старіння триває швидкісними темпами і не компенсується надходженнями нових вагонів. Аналізуючи парк пасажирських вагонів Укрзалізниці по роках побудови з 1951-1979 рік було придбано 1708 вагонів. З 1980-1991 рік було придбано 3881 вагон (див. таблицю 7.). Наявність пасажирських вагонів Укрзалізниці по рокам побудови станом на 1991 рік. Проаналізувавши таблицю можна сказати що парк пасажирських вагонів до 1991 року оновлювався більше ніж на 300 одиниць.

З 1992 по 2009 було придбано 532 пасажирських вагонів. Сама масштабна покупка АТ «Укрзалізниці» за цей період була у 2008 році, на цей період придбано 179 вагонів. У 2009 році вагони не купували, за 2010-2011 рік придбали 30 вагонів. З 2012 до 2016 року АТ «Укрзалізниці» пасажирські вагони не було придбано взагалі.

В Україні перші швидкісні двосистемні електропоїзди, що розвивають швидкість близько 160 км/год, з'явилися у 2012 році, коли до чемпіонату "Євро-2012" були закуплені 10 поїздів корейської компанії Hyundai Rotem та два двоповерхових двосистемних електропоїзди чеської Skoda Vagonka. Пізніше були придбані два вітчизняні швидкісні електропоїзди Екр-1 "Тарпан" виробництва ПАТ «КВБЗ». У 2016 році було придбано лише 9 пасажирських вагонів.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 7. - Наявність пасажирських вагонів Укрзалізниці по роках побудови станом на 1991 рік

| Рік побудови | Тип вагонів | | | | | | | | | Всього |
|--------------|-------------|----|-----|-----|----------------|----------------|-----|-----|-------|--------|
| | РЩ | СВ | ЦМК | ЦМО | Цмобл/п рим | Цмобл/д еші | ЦМР | ЦМБ | ЦМП-Б | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1951-1979 | 39 | 77 | 546 | 887 | 68 | 46 | 16 | 23 | 6 | 1708 |
| 1980 | 8 | 9 | 61 | 164 | 1 | 7 | 3 | 1 | 0 | 254 |
| 1981 | 32 | 8 | 82 | 170 | 4 | 11 | 6 | 2 | 0 | 315 |
| 1982 | 20 | 12 | 113 | 164 | 3 | 8 | 9 | 0 | 1 | 330 |
| 1983 | 5 | 3 | 92 | 176 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 279 |
| 1984 | 0 | 2 | 99 | 197 | 1 | 4 | 12 | 2 | 0 | 317 |
| 1985 | 0 | 3 | 82 | 215 | 0 | 0 | 14 | 5 | 0 | 319 |
| 1986 | 0 | 20 | 78 | 206 | 1 | 1 | 1 | 3 | 0 | 310 |
| 1987 | 0 | 0 | 120 | 154 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 283 |
| 1988 | 0 | 27 | 91 | 214 | 22 | 0 | 5 | 0 | 0 | 359 |
| 1989 | 0 | 23 | 173 | 249 | 2 | 1 | 8 | 0 | 0 | 456 |
| 1990 | 0 | 0 | 160 | 131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 292 |
| 1991 | 0 | 7 | 204 | 147 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 367 |

Масштабне оновлення пасажирського сектору розпочалося з 2017 року, в цьому році Укрзалізниця придбала 50 пасажирських вагонів. Також, 50 пасажирських вагонів пройшли капітальний ремонт та були повністю модернізовані. Всі вагони було виготовлено і модернізовано на українських підприємствах, що є важливим фактором для української економіки [10]. У 2018 році було придбано 8 пасажирських вагонів та було оновлено 100 пасажирських вагонів за рахунок капітального ремонту [11].

У 2019 році Укрзалізниця прийняла в експлуатацію 18 нових пасажирських вагонів українського виробника. Йдеться про 16 вагонів купейного типу і 2 типу СВ та модернізувала 15 купейних, 9 плацкартних та 3 вагони «СВ» [14]. Придбання пасажирських вагонів АТ «Укрзалізниця» по роках 1992 по 2019 рік представлено в таблиці 8.

Таблиця 8. - Придбання пасажирських вагонів АТ «Укрзалізниця» по роках 1992 по 2019 рік

| Рік поставки | Придбано вагонів |
|----------------|------------------------|
| 1992-2002 | 175 |
| 2003-2007 | 174 |
| 2008 | 179 |
| 2009 | 0 |
| 2010-2011 | 30 |
| 2012-2015 | 0 |
| 2016 | 9 |
| 2017 | 50 |
| 2018 | 8 |
| 2019 | 18 |
| Всього: | 643¹ |

¹ А також 10 дев'ятивагонних електропоїздів виробництва Hyundai Rotem та 2 двоповерхових шести вагонних складів електропоїздів виробництва Skoda Vagonka та два вітчизняні швидкісні електропоїзди Екр-1 "Тарпан" виробництва ПАТ «КВБЗ».

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Згідно з даними, наведеними у таблиці 8, АТ «Укрзалізниця» з 1992 по 2019 рік придбала 643 вагони. З них було куплено лише 20 плацкартних вагонів [15]. Припинено закуповувати багажні та поштово-багажні вагони, а вагонів ресторанів закуплено всього 3 одиниці.

Структура парку пасажирських вагонів дуже змінилася за останні роки, в основному закуповуються вагони чотирьох типів: вагони пасажирські відкритого типу, спальні, купейні та міжбласні/денні. Найбільшу питому вагу у структурі парку пасажирських вагонів займають вагони відкритого типу (плацкартні вагони / ЦМО-32,96%); купейні (ЦМК-31,76%) та спальні (СВ-4,32%) на сьогодні вони найбільше експлуатуються (див. рис.3).

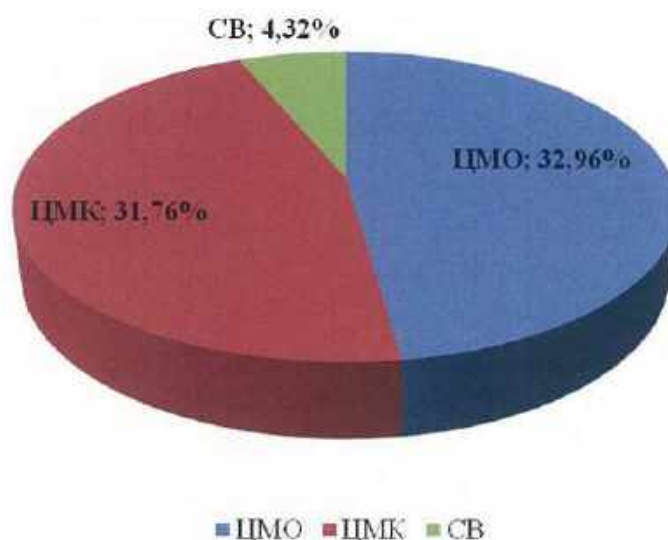


Рис. 3. Структура парку пасажирських вагонів за видами на 09.10.2020 р.
Джерело (АТ «Укрзалізниця»)

Станом на 1992 рік інвентарний парк пасажирських вагонів склав 10767 тис. одиниць. З 1992 по 2019 рік інвентарний парк вагонів зменшився у більш ніж удвічі, станом на 01.01.2019 - 4220 вагонів. За 27 років АТ «Укрзалізниця» виключила з інвентарного парку пасажирських вагонів 6547 вагонів, зокрема, у 2016 році перестали експлуатуватися 529 вагонів, у 2017 році - 113, а у 2018 році - 257, а у 2019 році 337 вагонів.

Швидке старіння основних фондів залізничного транспорту України стало гострою проблемою. Розглянемо дану тенденцію на прикладі інвентарного парку пасажирських вагонів за основними перевезеннями станом з 2016 по 2019 рік:

- ✓ Станом на 01.06.2016 рік інвентарний парк пасажирських вагонів складав 5159 одиниць, у тому числі 3368 (65%) вагонів, які експлуатуються понад встановлений нормативний термін (більше 28 років), що складає 65,3% інвентарного парку. Вагони віком до 10 років становить 295 од. (6%), вагони віком від 10-20 років становить 147 од. (26,3%) віком від 20-28 років 1349 (26%). Знос - 88 %. Середній вік вагонів 29,3 роки.
- ✓ Станом на 01.01.2017 рік інвентарний парк пасажирських вагонів основних перевезень ПАТ «Укрзалізниця» становить 4551 од., середній вік яких становить 31,8 року, загальний відсоток зносу - 92,8%. З інвентар-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

ного парку лише 3100 вагонів знаходяться в робочому парку і мають право курсувати у складах пасажирських поїздів та відповідають вимогам нормативної документації. Вагони віком до 10 років – 229 од., віком від 10-20 років – 201 од., від 20-28 року -1914 од. понад 28 років – 3164 од. [16].

- ✓ Станом на 01.01.2018 інвентарний парк пасажирських вагонів основних перевезень АТ «Укрзалізниця» становив 4463 од., його середній вік – 31,8 року, загальний відсоток зносу – 92,8.
- ✓ Станом на 01.01.2019 інвентарний парк пасажирських вагонів основних перевезень АТ «Укрзалізниця» становить 4 220 од. Із зазначеної кількості: 67 вагонів — віком до 5 років, 23 — від 5 до 10 років, 295 — від 10 до 15 років, 87 — від 15 до 20 років, 358 — від 20 до 28 років, 2 880 — від 28 до 41 років та 568 вагонів — понад 41 рік. Темпи старіння парку пасажирських вагонів значно випереджають його оновлення. Загальний відсоток зносу 93,1 % На рис. 4 наглядно представлено діапазон зносу пасажирських вагонів у 2019 році [17].

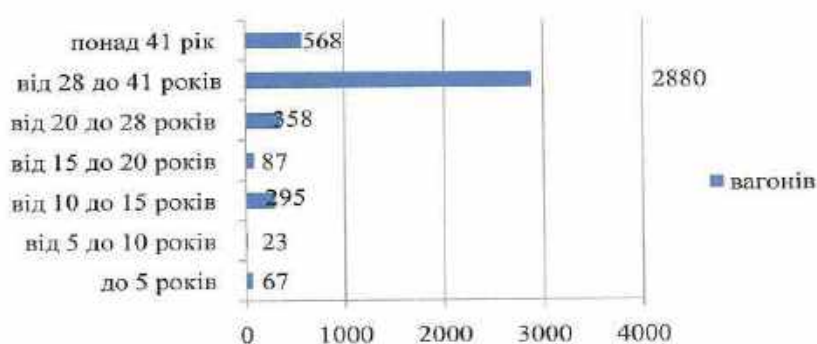


Рис. 4. Діапазон зносу пасажирських вагонів, од.

Діапазон зносу пасажирських вагонів показав, що майже 3448 од. (81,7%) вже вичерпали свій термін служби (28 років), але їх не виключають з експлуатації оскільки не вистачає рухомого складу для формування повноскладних поїздів. Середній вік пасажирського вагону приблизно 33 роки.

Нині фізичний знос пасажирського парку складає 93,1 %. При цьому інвентарний парк пасажирських вагонів не лише зношений, а й технічно і конструктивно морально застарілий, оскільки основна частина вагонів побудована за технічними вимогами 1965-1991-х років. Таке старіння інвентарного парку пасажирських вагонів АТ «Укрзалізниця» пояснює відсутністю необхідних коштів на придбання нових вагонів у необхідній кількості. Щоб запобігти скороченню інвентарного парку АТ «Укрзалізниця» шукає альтернативні варіанти оновлення.

Одним із основних варіантів оновлення вагонного парку й одночасного забезпечення комфортності пасажирських перевезень, є модернізація вагонів шляхом капітального відновлювального ремонту з продовженням терміну служби (КРП та КВР).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

У 2016-2017 році за оперативними даними структурних підрозділів АТ «Укрзалізниця» виділила на ремонт рухомого складу 6,5 млрд грн, це на капітальний, поточний та деповський ремонт.

За цей період відремонтовано 4100 одиниць пасажирських вагона з них:

- 1625 од. типу купе;
- 1772 од. типу плацкарт;
- 328 од. типу СВ;
- 375 од. інших типів

У 2018 році відремонтовано 2 071 одиниць:

- 1 414 – деповський ремонт;
- 575 – капітальний ремонт;
- 82 – капітально-відновлювальний ремонт.

Минулого року компанія оновила 29 вагонів: термін їх експлуатації продовжили на 14 років. Загальна сума інвестицій у капітально-відновлювальний ремонт 2019 року перевищує 340 млн. грн. [14]. У цьому році Укрзалізниця оновила два вагони СВ на власних потужностях у депо станції Каховка. Капітально-відновлювальний ремонт (КВР) одного вагона обійшовся Укрзалізниці в 11,5 млн грн.

Тепер оновлений рухомий склад має великий ресурс для використання — із початкових 28 його продовжено до 42 років, а також сучасні елементи конструкції: кузов вагона, даховий кондиціонер, нові віконні блоки із склопакетами, ролетні системи для захисту від прямих сонячних променів. Змонтовано шафу управління і контролю електрообладнання пасажирського вагона та інше (див. рис. 5.). Зовнішній та внутрішній вид вагону СВ після капітально-відновлювального ремонту представлено на рис.5 [18].

Завдяки проведенню модернізації вагонів, подовженню їх терміну служби після технічного діагностування експлуатаційний парк вагонів з 2016 року утримується на рівні 2 900 одиниць.

Основним виробником пасажирських вагонів України є ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» (КВБЗ).

У 2016 році завод виробив 9 пасажирських вагонів, у 2017 році - 50 пасажирських вагонів, у 2018 – 8 вагонів, у 2019 році - 18 вагонів. Всі пасажирські вагони придбала АТ «Укрзалізниця». При цьому за шість місяців 2020 року підприємство виробило 26 пасажирських вагонів.

Довідка: Свій перший пасажирський вагон КВБЗ закінчив складання у серпні 2001 року. В жовтні 2018 року закінчили складання 600 - го вагону, який увійшов у склад 8 вагонів, що за контрактом придбало АТ «Укрзалізниця».

Станом на 2019 рік завод випустив 618 пасажирських вагонів [19].

Однак слід констатувати факт погіршення стану вагонобудівних підприємств, що є наслідком зменшення інвестицій у їх діяльність, недостатня кількість замовлень, що викликає старіння основних засобів та інших чинників. Це зумовлює необхідність пошуку інструментів, які можуть сприяти переведенню вагонобудівних підприємств у кращий стан.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



Рис. 5. Вагон СВ після капітально - відновлювального ремонту

Висновки.

У ході проведення аналізу інвентарного парку пасажирських вагонів АТ «Укрзалізниця» з'ясовано, що стан інвентарного парку зношений на 93,1% та утримується на рівні 2900 одиниць. Якщо АТ «Укрзалізниця» негайно не почне шукати альтернативні заходи для оновлення пасажирського парку, через 3-4 роки з поточних 2900 одиниць пасажирських вагонів залишиться не більше 1200 одиниць. В наслідок цього обсяг перевезення у далекому сполученні скоротяться з нинішніх 55 млн. пасажирів на рік до 20 млн пасажирів або іншими словами, 2/3 перевезень будуть втрачені. Що стосується у приміському сполученні, то там ситуація ще гірша.

Тому, зараз першочерговою необхідністю пасажирського господарства АТ «Укрзалізниця» є оновлення пасажирського рухомого складу. Потреба на найближчі роки якого становить:

- ✓ пасажирські вагони у кількості 3000 одиниць. Це 200 складів поїздів, що замінять рухомий склад на існуючих напрямках, які на сьогодні підлягають списанню. Більш того, існує необхідність посилити пасажирське сполучення у багатьох регіонах. Зокрема, це Чернігів, Житомир, Суми, Черкаси, Чернівці. Необхідно організувати курсування поїздів, які з'єднають віддалені регіони нашої країни;
- ✓ швидкісні поїзди - 30 одиниць. Вже сьогодні існує необхідність збільшення частоти курсування на існуючих маршрутах з Києва до Костянтинівки.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

нівки, Харкова, Львову, Дніпра та ін. Так само, існує багато перспективних напрямків для розвитку швидкісного руху: Черкаси, Миколаїв, Івано-Франківськ, Суми (після завершення електрифікації), Рівне, Луцьк та інші напрямки;

- ✓ приміські електро - та дизель поїзди - 1000 одиниць. Їх використання особливо актуальне у приміській зоні великих мегаполісів: Київ, Харків, Дніпро, Львів, Запоріжжя та інших.

Забезпечення придбання такої кількості рухомого складу за правильної організації його експлуатації дозволило б АТ «Укрзалізниця» за рік перевозити в приміському - не менше як 200 мільйонів пасажирів, а у далекому сполученні не менше як 130 мільйонів пасажирів.

Необхідно прискорити оновлення інвентарного парку пасажирських вагонів шляхом закупівлі пасажирських вагонів українського виробника. Та шляхом проведення капітально – відновлювального ремонту модернізації пасажирських вагонів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Н. О. Божок, Ю. В. Булгакова, А. Л. Пуларія Дослідження сучасного стану парку пасажирських вагонів. Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Проблеми економіки транспорту». 2014. вип. 8. С.78-87.
2. І. Е. Мартинов, А. В. Труфанова, А. О. Бабенко, В. О. Шовкун До питання забезпечення безпеки руху у пасажирському господарстві. Збірник наукових праць УкрДУЗТ, 2020. вип. 190. С. 55-66. DOI:10.18664/1994-7852.190.2020.214169.
3. Мартинов, І. Е. Аналіз технічного стану кузовів пасажирських вагонів / І. Е. Мартинов, А. В. Труфанова, Ю. С. Павленко, М. О. Сергієнко // Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». 2018. № 45 (1321). С. 41-46. doi:10.20998/2413-4295.2018.45.06.
4. Н. О. Гайдук, О. М. Пшінько Оновлення рухомого складу як пріоритетний напрямок інвестиційної діяльності «Укрзалізниця». Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. Наука та прогрес транспорту. 2010. №35. С. 219-222.
5. Транспорт і зв'язок України 2018. Статистичний збірник. Державна служба статистики України, 2019. 25 с.
6. Динамика рынка железнодорожных перевозок в странах Евросоюза. [Електронний ресурс] // Железные дороги мира. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.zdmira.com/news/dinamikarynka-zheleznodoroznyhperevozokvstranahевросоюза>.
7. Транспорт і зв'язок України 2019. Статистичний збірник. Державна служба статистики України, 2020. 115 с.
8. Експрес - випуск Держстату України. Підсумки роботи транспорту січень-вересень 2020 році. Режим доступу: URL <https://www.ukrstat.gov.ua>.
9. Проект трансформації. АТ "Українська залізниця". ГО "Залізниця без корупції" Режим доступу: URL: <http://zbk.org.ua/wp-content/uploads/2020/05/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%94%D0%BA%D1%82%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97-%D0%A3%D0%97-2020.pdf>.
10. Інтегрований звіт ПАТ «Укрзалізниця» за 2017 рік. АТ «Укрзалізниця»: Режим доступу: URL: <https://report2017.uz.gov.ua/> (13.10.2020).
11. Інтегрований звіт ПАТ «Укрзалізниця» за 2018 рік. АТ «Укрзалізниця»: Режим доступу: URL: [https://www.uz.gov.ua/files/file/Book%20UZ_18_Final\(new\).pdf](https://www.uz.gov.ua/files/file/Book%20UZ_18_Final(new).pdf) (13.10.2020).
12. Комфортні залізничні перевезення: виграють не лише пасажирів [Електронний ресурс] // Інформаційне агентство "Інтерфакс-Україна. 2020. Режим доступу до ресурсу: <https://ua.interfax.com.ua/news/blog/682246.html>.
13. Скільки пасажирських вагонів у "Укрзалізниця" [Електронний ресурс] // ЦТС. 2020. Режим доступу до ресурсу: https://cfts.org.ua/infographics/skolko_passazhirskikh_vagonov_u_ukrzhelznicy.
14. «Укрзалізниця» 2019 року придбала 18 нових пасажирських вагонів [Електронний ресурс] // mind. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://mind.ua/news/20206307-ukrzhelznicya-2019-roku-privbala-18-novih-pasazhirskikh-vagoniv>.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

15. Чому Мінфін пропонує купити Укрзалізниці вагони коштом держбюджету? [Електронний ресурс] // Щоденна всеукраїнська газета «День». 2020. Режим доступу до ресурсу: <https://day.kyiv.ua/uk/article/ekonomika/chomu-minfin-proponuye-kupyty-ukrzaliznytsi-vagony-koshtom-derzhbyudzhetu>.

16. Кузуб, А. В. Підвищення конкурентноспроможності вітчизняних вагонобудівних підприємств в умовах державного регулювання / А. В. Кузуб // Причорноморські економічні студії. 2018. Випуск 26-2. С. 10-15.

17. Розвиток та реформування АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ». АТ «Укрзалізниця»: Режим доступу: URL: <https://report2018.uz.gov.ua/ua/Nash-biznes.php> (02.11.2020).

18. Укрзалізниця модернізувала вагони СВ на власних потужностях. АТ «Укрзалізниця»: веб – сайт: URL: https://www.uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/528802/ (10.11.2020).

19. Пасажи́рський вагон КВБЗ: від першого до шестисотого Режим доступу: URL: <http://www.kvsz.com/index.php/ua/pres-sluzhba/item/1681-pasazhyrskyi-vahon-kvzb-vid-pershoho-do-shestysotoho> (26.10.2020).

N.V. Lupitko

State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute "

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

tel: +38 (05366) 6-00-28

I.V. Gladkykh

State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute "

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

tel: +38 (05366) 6-01-42

STUDY OF THE CURRENT STATE OF THE INVENTORY FLEET OF PASSENGER CARS OF JSC "UKRZALIZNYTSYA"

Abstract. The wear rate of passenger cars of JSC "Ukrzaliznytsia" according to various estimates is equal up to 88-93%. Its aging is going on at a rapid pace and is not compensated by the acquisition of new cars. The paper analyzes the current state of the inventory of passenger cars. Data on replenishment of the fleet of passenger cars of JSC "Ukrzaliznytsia" by years of construction are given: in the years 1951-1979 1708 cars were purchased; from 1980 till 1991 3881 cars were received; from 1992 till 2009 532 units were purchased; in 2010-2011 years 30 cars were purchased; in 2016 only 9 were purchased; in 2017 this figure totals to 50 units; in the years 2018-2019 26 cars were purchased. The structure of the fleet of passenger cars by type as of October 9, 2020 is given. The paper presents the statistical data of passenger transportation by railway transport of Ukraine. The work of passenger transport in January - September 2020 in comparison with the similar period of 2019 is reviewed. The rapid decline in passenger traffic by rail in 2020 is due to the introduction of strict quarantine in Ukraine caused by the COVID-19 pandemic. Thus, passenger transportation by rail was completely stopped from March 11, 2020, and partially resumed in the second half of May. During the quarantine the number of assigned trains decreased significantly, and tickets for these trains were sold for a limited number of seats in cars (50% of seats), so losses incurred by Ukrzaliznytsia increased at least one and a half to two times (approximately UAH 1 billion, taking into account the fact that such transportation is social in nature, and ticket prices

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

are regulated by the state). Statistics on the production of passenger cars by domestic enterprises are given in the paper.

Analyzed the current state of the passenger car fleet of JSC "Ukrzaliznytsia" and made the appropriate conclusions and made recommendations on the necessary volumes of renewal of the passenger car fleet.

Key words: passenger cars, railway transport, railroad transportation, JSC "Ukrzaliznytsia", the COVID-19 coronavirus pandemic, inventory park, carriage enterprises, modernization, overhaul.

REFERENCES

1. Bozhok N.O., Bulgakova Yu.V., Pularia A.L. (2014), "Doslidzhennia suchasnogo stanu parku pasazhyrskykh vagoniv [Research of the current state of the passenger car fleet], Collection of scientific works of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, "Problems of Transport Economics", Issue 8, pp.78-87.
2. Martynov I.E., Trufanova A.V., Babenko A.O., Shovkun V.O. (2020), "Do pytannia zabezpechennia bezpeky ruxu u pasazhyrskomu gospodarstvi [On the issue of traffic safety in the passenger economy], Collection of scientific works of UkrDUZT, Issue 190, pp. 55-66, DOI: 10.18664 / 1994-7852.190.2020.214169.
3. Martynov, I.E., Trufanova A.V., Pavlenko Yu. S., Sergienko M.O., (2018), Analiz texnichnogo stanu kuzoviv pasazhyrskykh vagoniv [Analysis of the technical condition of passenger car bodies], Bulletin of NTU "KhPI", Series: New solutions in modern technologies. Kharkiv: NTU "KhPI", № 45 (1321), pp. 41-46. - doi: 10.20998 / 2413-4295.2018.45.06.
4. Gaiduk N.O., Pshinko O.M. (2010), Onovlennia rukhomogo skladu yak priorityetnyi napriamok investytsiinoi diialnosti «Ukrzaliznytsia» [Renovation of rolling stock as a priority area of investment activity of Ukrzaliznytsia], Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport. Science and progress of transport, №35, pp. 219-222.
5. Transport i zviazok Ukrainy 2018 [Transport and Communications of Ukraine 2018] (2019), Statistical collection. State Statistics Service of Ukraine, 25 p.
6. Dynamika rynku zhaliznykh perevezen v atranax Evrosoiuza. [Dynamics of the railway market in the European Union]. [Electronic resource] Railways of the world (2019). Available at :<http://www.zdmira.com/news/dinamikarynkazeleznodoroznyhperevozokvstranahevrosouza>.
7. Transport i zviazok Ukrainy 2019 [Transport and Communications of Ukraine 2019] (2020), Statistical collection, State Statistics Service of Ukraine, 115 p.
8. Pidsumky roboty transportu sichen-veresen 2020 roku [Results of transport work January-September 2020], Express - issue of the State Statistics Service of Ukraine. Available at: <https://www.ukrstat.gov.ua>.
9. Proiekt transformacii. AT "Ukrayinska zaliznytsia". NGO "Zaliznytsia bez koruptsii [Transformation project. JSC "Ukrainian Railways". GO "Railway without corruption"]. Available at: <http://zbc.org.ua/wp-content/uploads/2020/05/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%94%D0%BA%D1%82%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97-%D0%A3%D0%97-2020.pdf>.
10. Integrovanyi zvit PAT «Ukrzaliznytsia» za 2017 rik [Integrated report of PJSC "Ukrzaliznytsia" for 2017], JSC "Ukrzaliznytsia". Available at: <https://report2017.uz.gov.ua/> (13.10.2020) (accessed 13 October 2020).
11. Integrovanyi zvit PAT «Ukrzaliznytsia» za 2018 rik [Integrated report of PJSC "Ukrzaliznytsia" for 2018], JSC "Ukrzaliznytsia". Available at: [https://www.uz.gov.ua/files/file/Book%20UZ_18_Final\(new\).pdf/](https://www.uz.gov.ua/files/file/Book%20UZ_18_Final(new).pdf/) (accessed 13 October 2020).
12. Komfortni zaliznychni perevezennia: vygraiat ne lyshe pasazhyry [Comfortable rail transportation: not only passengers win] [Electronic source] (2020). Interfax-Ukraine Information Agency. Available at: <https://ua.interfax.com.ua/news/blog/682246.html>.
13. Skilky pasazhyrskykh vagoniv u "Ukrzaliznytsi" [How many passenger cars belong to "Ukrzaliznytsia"] (2020), [Electronic source]. CTS. Available at: https://cts.org.ua/infographics/skolko_passazhirsikh_vagonov_u_ukrzaliznytsi.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

14. «Ukrzaliznytsia» u 2019 roku prydbala 18 novykh pasazhyrskykh vagoniv [In 2019, Ukrzaliznytsia purchased 18 new passenger cars], [Electronic source] // mind. – 2020. Available at: <https://mind.ua/news/20206307-ukrzalizniyya-2019-roku-prydbala-18-novykh-pasazhirskih-vagoniv>.

15. Chomu Minfin proponuie kupuvaty Ukrzaliznytsi vagony koshtom derzhbiudzhetu? [Why does the Ministry of Finance propose to buy Ukrzaliznytsia cars at the expense of the state budget? [Electronic source], Daily All-Ukrainian newspaper "Day" (2020). Available at: <https://day.kyiv.ua/uk/article/ekonomika/chomu-minfin-proponuye-kupyty-ukrzaliznyci-vagony-koshtom-derzhbyudzhetu>.

16. Kuzub, A.V. (2018), Pidvyshchennia konkurentnospromozhnosti vitchyznianskykh vagonobudivnykh pidpriemstv v umovax derzhavnogo regulivannia [Increasing the competitiveness of domestic car-building enterprises in terms of state regulation], Black Sea Economic Studies, Issue 26-2, pp. 10-15.

17. Rozvytok ta reformuvannia AT «UKRZALIZNYTSIA» [Development and reform of JSC "UKRZALIZNYTSYA"], JSC Ukrzaliznytsia. Available at: <https://report2018.uz.gov.ua/ua/Nash-biznes.php> (accessed 2 November 2020).

18. Ukrzaliznytsia modernizovala vagony SV na vlasnykh potuzhnostiakh. AT «Ukrzaliznytsia» [Ukrzaliznytsia upgraded II wagons at its own facilities], JSC Ukrzaliznytsia. Available at: https://www.uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/528802/ (accessed 10 November 2020).

19. Pasazhyrskyi vagon KVBZ: vid pershogo do shestysotogo [KVBZ passenger car: from the first to the six hundredth], Available at: <http://www.kvsz.com/index.php/ua/pres-sluzhba/item/1681-pasazhyrskyi-vahon-kvzb-vid-pershoho-do-shestysotoho> (accessed 26 October, 2020).

Е.В. Третяк*

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@ukrtdiv.com.ua
ORCID: 0000-0002-3429-5674

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@ukrtdiv.com.ua

С.В. Мурчков

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@ukrtdiv.com.ua

ПРОЦЕДУРА ОТРИМАННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПІД ЧАС СПІВУДАРЯНЬ ТАНК-КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ РОСЛИННИХ ОЛІЙ

В статті наведено оцінку олійно-жирової промисловості України. Визначено лідерів, у відсотковому значенні, серед найбільших виробників соняшникової олії в Україні, а саме ТОВ «Європейська транспортна стивідорна компанія» (6,6% від усього виробництва), ТОВ «Оптімусагротрейд» (6,1%), ТОВ «Придніпровський ОЕЗ» (4,7%) та ПрАТ «Вінницький ОЖК» (4,7%). Виявлено основні проблеми та розвиток олійно-жирових підприємств України до яких можна віднести вибір транспортування рослинних олій від заводів-виробників до морського порту та територіальне розташування заводів-виробників рослинних олій. Встановлено, що на даний момент, актуальним видом транспортування наливних вантажів стали танк-контейнери, так як перевезення в них здійснюється без проміжного переливу продукту при зміні виду транспорту, що забезпечує підвищену безпеку перевезення та збереження вантажу, який перевозиться, а також поліпшує екологічну складову під час процесу перевезень. Наведено класифікацію танк-контейнерів та визначено основних світових виробників хімічних і харчових танк-контейнерів. Визначено, що конструкція повинна витримувати дію власних сил інерції, які виникають під час руху транспортного засобу, а також при співударяннях вагонів, які виникають при маневрових роботах, у тому числі при розпуску з сортувальних гірок, екстремному гальмуванні та в інших екстремних ситуаціях, які можуть виникнути при експлуатації, при таких прискореннях: у поздовжньому напрямку $R_{pr} - 2 g$; поперечному напрямку $R_{p} - 1 g$; у вертикальному напрямку $R_v - 2 g$; при співударяннях: для завантаженого контейнера з небезпечним вантажем – $4 g$; для завантаженого контейнера з безпечним вантажем – $2 g$; для порожнього (з метою перевірки арматури) – $5 g$. Описано процедуру отримання динамічних характеристик танк-контейнера для

© Третяк Е.В., Речкалов В.С., Мурчков С.В., 2020

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

транспортування рослинних олій, розміщеного на вагоні-платформі, при виробуваннях на співудар. Представлений приклад отримання величин прискорень, які діють на несну конструкцію танк-контейнера при співударяннях, свідчить, що створена конструкція танк-контейнера відповідає нормативним вимогам за міцносними характеристиками.

Ключові слова: танк-контейнер, вагон-цистерна, співудар, прискорення, транспортування рослинних олій, гістограма спектру

Э.В. Третьяк

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

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

Телефон: +38 (05366) 6 20 43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ORCID: 0000-0002-3429-5674

В.С. Речкалов

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

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

Телефон: +38 (05366) 6 20 43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

С.В. Мурчков

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

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

Телефон: +38 (05366) 6 20 43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ПРОЦЕДУРА ПОЛУЧЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВО ВРЕМЯ СОУДАРЕНИЙ ТАНК-КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

В статье приведена оценка масло-жировой промышленности Украины. Определены лидеры, в процентном значении, среди наибольших производителей подсолнечного масла в Украине, а именно ООО "Европейская транспортная стивидорная компания" (6,6% от всего производства), ООО "Оптимузагротрейд" (6,1%), ООО "Приднепровский ОЕЗ" (4,7%) и ЧАО "Винницкий ОЖК" (4,7%). Выявлены основные проблемы и развитие масло-жировых предприятий Украины к которым можно отнести выбор транспортировки растительных масел от заводов-производителей к морскому порту и территориальное расположение заводов-производителей растительных масел. Установлено, что на данный момент, актуальным видом транспортировки наливных грузов стали танк-контейнеры, так как перевозка в них осуществляется без промежуточного перелива продукта при изменении вида транспорта, который обеспечивает повышенную безопасность перевозки и сохранения груза, который перевозится, а также улучшает экологическую составляющую во время процесса перевозок. Приведена классификация танк-контейнеров и определены основные мировые производители химических и пищевых танк-контейнеров. Определено, что конструкция должна выдерживать действие собственных сил инерции,

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

которые возникают во время движения транспортного средства, а также при соударениях вагонов, которые возникают при маневровых работах, в том числе при роспуске из сортировочных горок, экстремному торможению и в других экстремных ситуациях, которые могут возникнуть при эксплуатации, при таких ускорениях: в продольном направлении $R_{пр} - 2 g$; поперечном направлении $R_{п} - 1 g$; в вертикальном направлении $R_{в} - 2 g$; при соударениях: для загруженного контейнера с опасным грузом – 4 g; для загруженного контейнера с безопасным грузом – 2 g; для пустого (с целью проверки арматуры) – 5 g. Описана процедура получения динамических характеристик танк-контейнера для транспортировки растительных масел, размещенной на вагоне-платформе, при испытаниях на соударение. Представленный пример получения величин ускорений, которые действуют на несущую конструкцию танк-контейнера при соударениях, свидетельствует, что созданная конструкция танк-контейнера отвечает нормативным требованиям по прочностным характеристикам.

Ключевые слова: танк-контейнер, вагон-цистерна, соударение, ускорения, транспортировка растительных масел, гистограмма спектра.

Вступ та постановка проблеми. Збільшення перевезень наливних вантажів через територію України та в її межах зумовила необхідність створення і впровадження в експлуатацію інноваційних транспортних засобів нового покоління. Одним з найвідоміших та в даний момент актуальним засобом для транспортування стали танк-контейнери. Останнім часом спостерігається значний попит на використання танк-контейнерів, що обумовлено підвищенням кількості перевезень наливних вантажів по території України та за її межами.

Аналіз досліджень та публікацій. Великий внесок у розвиток та створення конструкцій танк-контейнерів внесли дослідники науково-дослідних організацій, вищих навчальних закладів та вагонобудівних заводів, у тому числі: Український науково-дослідний інститут вагонобудування, Дніпровський національний університет залізничного транспорту та Український державний університет залізничного транспорту, Білоруський державний університет транспорту; вагонобудівні заводи такі як: ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» (ПАТ «КВБЗ»), ПАТ «Азовмаш», ПрАТ «Дніпровагонмаш», ДМЗ «Карпати» та інші.

Проблемам розвитку інфраструктури для агропромислового комплексу України та її складових – транспортного та складового господарства присвячено багато праць як вітчизняних так і іноземних науковців, але слід окремо виділити дослідження таких науковців як: А.О. Ловська [1-2], С.В. Мямлін [3], С.В. Макеев [4], О.В. Фомін [5], М.Б.Кельріх [6] та інші, які присвятили свої праці проблемам міцності танк-контейнерів. Проте деякі питання розвитку інфраструктури олійно-жирової промисловості та її торговельних правил світової організації торгівлі (СОТ) та створення і впровадження нових танк-контейнерів потребують подальшого дослідження. Досить важливим є питання міцності створеної конструкції, оскільки цей показник безпосередньо впливає на безпеку перевезень залізничним транспортом.

Мета роботи. Процедура отримання та порівняння з нормативними значеннями отриманих даних з експериментальних досліджень танк-контейнера з максимальною масою брутто 37,0 тонн, що призначений для транспортування рослинних олій. Отримання гістограм спектру та порівняльний аналіз кривих.

Матеріал та результати досліджень. Як відомо, олійно-жирова промисловість в Україні є досить розвиненою. До 1999 року Україна вирощувала 2,5 млн тонн соняшнику. За останні двадцять років збільшилась кількість заводів з переробки, побудовано 64 комплекси. За підсумками 2018 - 2019 років промисловість виробила

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

6,4 млн тонн олії, з яких — 6 млн тонн експортується, що складає — 60% світового експорту. Україна є найбільшим постачальником соняшникової олії в Китай. При цьому загальний світовий обсяг ринку соняшникової олії становить 10 млн тонн. Таким чином Україна займає 60 % цього ринку, а соняшникова олія продається до 124 країн світу [7].

До найбільших виробників соняшникової олії в Україні у 2019 році можна віднести ТОВ «Європейська транспортна стивідорна компанія» (6,6% від усього виробництва), ТОВ «Оптімусагротрейд» (6,1%), ТОВ «Придніпровський ОЕЗ» (4,7%), ПрАТ «Вінницький ОЖК» (4,7%) [8].

Поставка рослинних олій на експорт від заводів-виробників до морського порту здійснюється автомобілями або залізничними цистернами. За собівартістю перевезень, такий вид транспортування рослинної олії є найбільш ефективним та економічним. Вибір виду транспортного засобу залежить від кількості рослинної олії, яку необхідно перевезти, територіального розташування підприємства-виробника, та транспортної розв'язки постачальника продукції.

Територіальне розташування заводів-виробників рослинних олій також впливає на вибір способу доставки олії до морських портів. Основні виробничі потужності олійно-жирової промисловості, зосереджені в південних, східних і центральних областях України. Олія, яка виготовляється у Харківській та Полтавській областях, доставляється в порти виключно залізничним транспортом.

Останнім часом набуло поширення транспортування рослинних олій у танк-контейнерах.

Танк-контейнер або контейнер-цистерна - транспортна одиниця, що являє собою металеву цистерну, укладену в сталевий каркас, розмір якого відповідає розмірам звичайного контейнера для перевезення сухих вантажів та призначений для перевезення рідких хімічних і харчових продуктів, а також зріджених газів трьома видами транспорту: морським (річковим), залізничним та автодорожнім. Класифікацію танк-контейнерів зображено на рис. 1.

Перевезення у танк-контейнерах здійснюється без проміжного переливу продукту при зміні виду транспорту, що забезпечує підвищену безпеку перевезення та збереження вантажу, що перевозиться, а також поліпшує екологічну складову під час процесу перевезень.

Використання танк-контейнерів дозволяє оптимізувати логістичні операції з перевезень рідких хімічних і харчових вантажів, а також зріджених газів за рахунок більш низької вартості залізничного тарифу в порівнянні з перевезенням у вагонах-цистернах. Головною перевагою є можливість швидкої перевалки танк-контейнерів з одного виду транспорту на інший, виключаючи перевантаження продукції на наливних терміналах.

До основних світових виробників хімічних і харчових танк-контейнерів можна віднести такі як: CIMC (Китай), Van Hool (Бельгія), Welfy Oddy (ІАР), Уралхіммаш (Росія), Уралкріомаш (Росія) та ін. В основному танк-контейнери виготовляються в Китаї. Світовий лідер CIMC виготовляє майже 60% від загального світового виробництва [9].

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

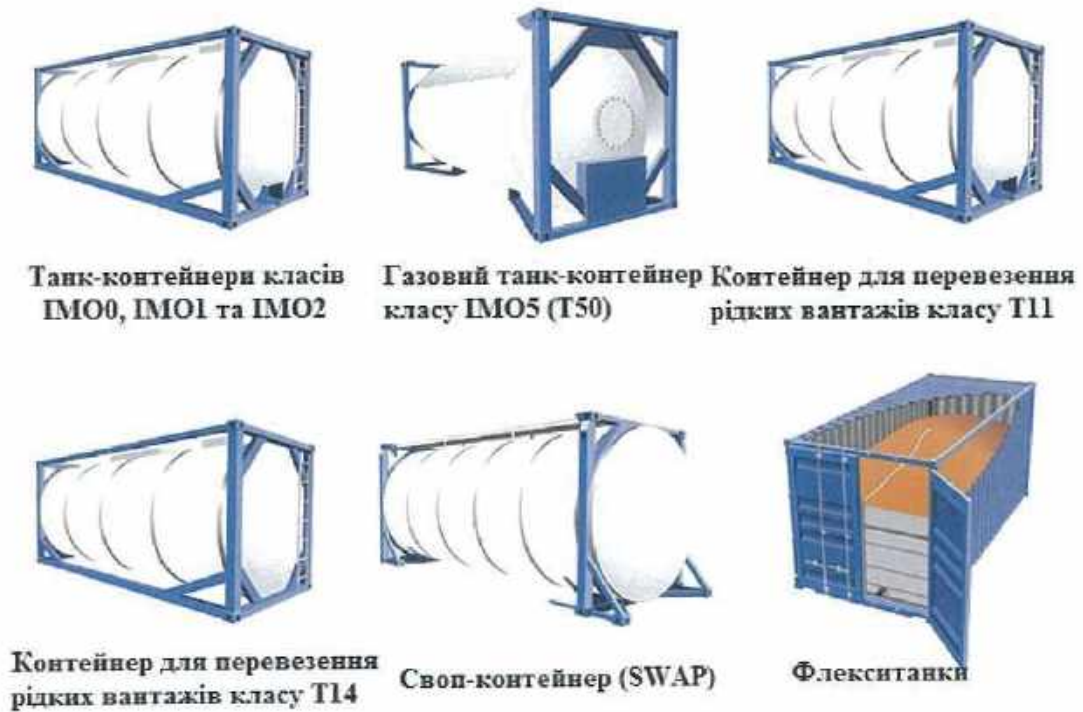


Рис. 1. Класифікація танк-контейнерів

З метою забезпечення міцності танк-контейнерів в експлуатації існує ряд нормативних документів, які регламентують основні вимоги щодо їх конструкції та умов експлуатації: «Міжнародний Кодекс морської перевезки небезпечних вантажів (IMDG Code)», «Регістр судоплавства України. Общєє положєнє по технічєскому наблюденєню за конєйнєрами», ГОСТ 31232 «Конєйнєрє для перевєзки небєзпєчных вєнєжєв. Трєбєвєнєя по експлєуєтєцєоннєй бєзєпєчнєстєи».

Найбїльшї вєлєчєнє дєнємїчнєх нєвєнєжєнєх, щє дїють нє неснї конєйнєрї танк-конєйнєрїв тє їх прїстрєї для крїплєнє в експлєуєтєцєї, нєвєдєнї в ГОСТ 31232 [10]. Конєйнєрї повїннє вїтрїмувєтє дїє влєснєх сїл їнерцїї, якї вїнїкєють пїд чєс руху трєнєпортнєго зєсєбу, є тєжє при спївєдєрєннєх вєгонїв, якї вїнїкєють при мєнєврєвїх рєбєтєх, у тєму чїслї при рєзпєску з сортувєльнєх гїрєк, екстрєннєму гєльмувєннї тє в їншїх екстрєннєх сїтуєцїєх, якї мєжєть вїнїкнєтї при експлєуєтєцєї, при тєкїх прїскєрєннєх: у поздовжнєьмєу нєпрєємкєу $R_{pr} - 2g$; поперєчнєьмєу нєпрєємкєу $R_p - 1g$; у вєртїкєльнєьмєу нєпрєємкєу $R_v - 2g$; при спївєдєрєннєх: для зєвєнєжєнєного конєйнєрє з нєбєзпєчнєм вєнєжєм - $4g$; для зєвєнєжєнєного конєйнєрє з бєзпєчнєм вєнєжєм - $2g$; для порєжнєьмєго (з мєтєю перевїркї армєтурї) - $5g$.

Дєслїднїй танк-конєйнєр є тїпорєзмїр зє ISO - ICC тє прїзнєчєнїй для трєнєпортувєннє рєслїннєх олїї. Зєгєльнїй вїд танк-конєйнєрє, рєзмїщєного нє вєгонї-плєтєформї при спївєдєрєннєх зєбрєжєно нє рїс. 2.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

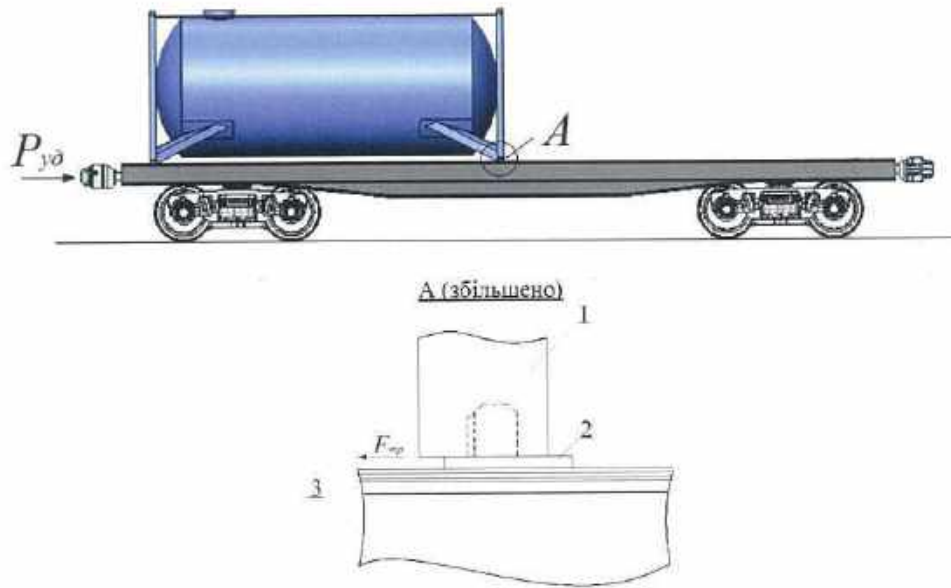


Рис. 2. Схема дії поздовжньої сили на вагон-платформу з розташованим танк-контейнером:
1 – фітинг; 2 – фітинговий упор; 3 – поздовжня балка вагона-платформи

Схема прикладання кінематичних сил та граничних вимог згідно вимог ГОСТ 31232 та ДСТУ 7598 [11] наведено на рис. 3.

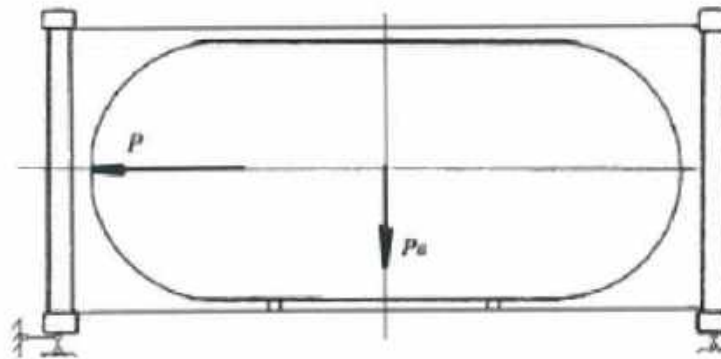


Рис. 3. Схема прикладання кінематичних сил під час випробувань на співудар танк-контейнера

Випробуванням на міцність при співударяннях [12] піддавався танк-контейнер, завантажений водою до повної вантажопідйомності, розташований на вагоні-платформі, стоячий у підпорі та вільностоячий на відстані 1,0 – 1,5 м. від підпора (рис. 4).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

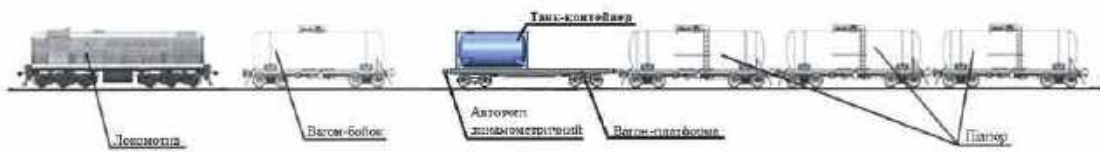


Рис. 4. Схема розташування вагонів при випробуваннях на співудар

Реєстрацію та запис процесів під час співударянь виконано за допомогою вимірювальної системи, до складу якої входять: персональний комп'ютер, кабелі, підсилювач сигналів та віброперетворювачі. Обробка даних виконувалася на ЕОМ з використанням стандартного програмного математичного забезпечення статистичної обробки процесів (рис. 5).

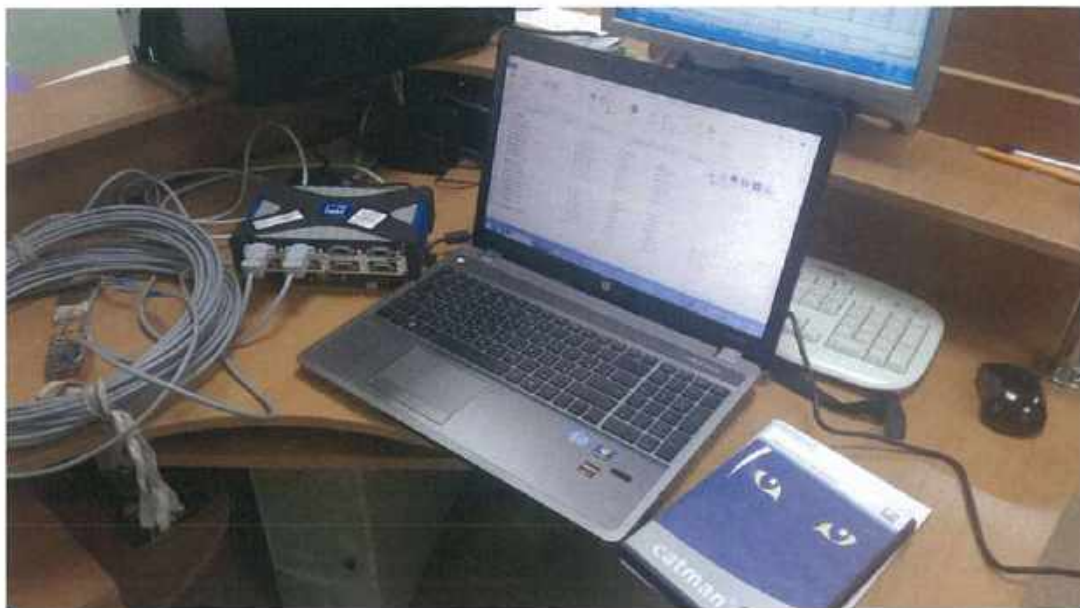


Рис. 5. Загальний вигляд вимірювальної системи

Реєстрація процесів проводилась за допомогою віброперетворювачів (рис. 6), які встановлювались на передніх фітингах. За даними випробувань реєструвались значення прискорень, що виникають під час співудару.



Рис. 6. Віброперетворювачі, встановлені на передніх фітингах

Отримана діаграма процесу в координатах «прискорення – час» (рис. 7) розбивалась на окремі інтервали, для кожного інтервалу визначалась частота власних коливань (Гц).

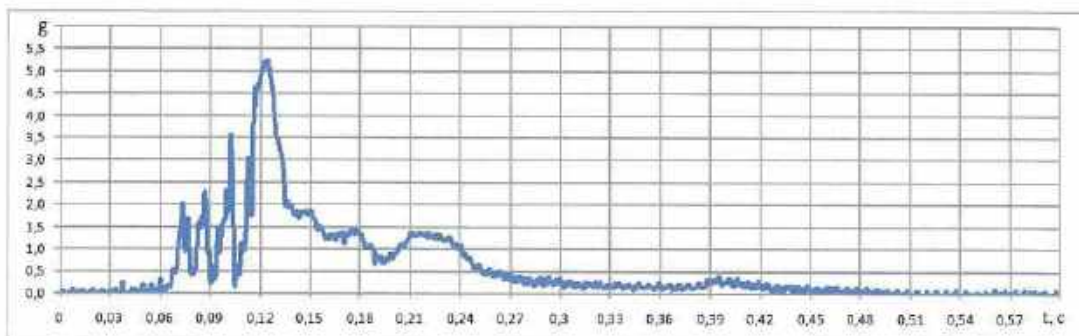


Рис. 7. Діаграма «прискорення – час»

Матриця відносних переміщень з використанням всіх точок даних з вхідного графіка залежності «прискорення – час» визначалася за формулою (1):

$$\xi_i = -\frac{\Delta t}{\omega_d} \cdot \left(\sum_{k=0}^i \ddot{X}_k \cdot \exp(-\zeta \cdot \omega_n \cdot \Delta t \cdot (i-k)) \cdot \sin[\omega_d \cdot \Delta t \cdot (i-k)] \right) \quad (1)$$

де Δt – часовий інтервал між значеннями прискорення, с;

ω_n – власна частота без загасання, рад/с;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- ω_d – власна частота з загасанням, $\omega_d = \sqrt{1 - \zeta^2}$;
 \ddot{X}_k – k – те значення вхідних даних про прискорення, м/с²;
 ζ – декремент загасання, $\zeta = 0,05$ (5 %);
 i – ціле число, що коливається від 1 до числа вхідних точок даних про прискорення;
 k – параметр, який використовується в підсумовуванні, що коливається від 0 до поточного значення i .
 Матриця відносних прискорень з використанням значень переміщень, отриманих за формулою (1) визначається за формулою (2):

$$\ddot{\xi}_i = 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n \cdot \Delta t \cdot \left(\sum_{k=0}^i \ddot{X}_k \cdot \exp(-\zeta \cdot \omega_n \cdot \Delta t \cdot (i-k)) \cdot \cos[\omega_d \cdot \Delta t \cdot (i-k)] \right) + \omega_n^2 \cdot (2 \cdot \zeta^2 - 1) \cdot \xi_i. \quad (2)$$

Результати розрахункових досліджень представляються у вигляді двох таблиць, отриманих за формулами (1 та 2).

Таблиця 1. – Відносні переміщення

| Секція | i | k | Δt | \ddot{X} | ω_n | ζ | ω_d | ξ_k | ξ_i |
|--------|---|---|----|------------|------------|---|------------|---------|---------|
|--------|---|---|----|------------|------------|---|------------|---------|---------|

- де $\xi_{секція}$ – записані значення прискорень в одиницях g;
 ξ_k – визначається для k -го значення за формулою (1);
 ξ_i – визначається шляхом підсумовування від k до i ;
 ζ – декремент загасання;
 Δt – інтервал часу, с;
 ω_n – власна частота без загасання, рад/с;
 ω_d – власна частота з загасанням, $\omega_d = \sqrt{1 - \zeta^2}$.

Таблиця 2. – Відносні прискорення

| i | k | Δt | \ddot{X} | ω_n | ζ | ω_d | $\ddot{\xi}_k$ | $\ddot{\xi}_i$ | ξ_i | $\ddot{\xi}_{своб.і}$ | $\ddot{\xi}_i + \ddot{\xi}_{своб.і}$ |
|---|---|----|------------|------------|---|------------|----------------|----------------|---------|-----------------------|--------------------------------------|
|---|---|----|------------|------------|---|------------|----------------|----------------|---------|-----------------------|--------------------------------------|

- де $\ddot{\xi}_k$ – визначається для k -го значення за формулою (2) без вільного члена;
 $\ddot{\xi}_i$ – визначається шляхом підсумовування від k до i ;
 ξ_i – відносне i – е переміщення вибирається з таблиці 1;
 $\ddot{\xi}_{своб.і}$ – вільний член формули (2): $\ddot{\xi}_{своб.і} = \omega_n^2 \cdot (2 \cdot \zeta^2 - 1) \cdot \xi_i$.

Підсумкові результати дослідження наводяться в таблиці 3, в лівій колонці вказуються власні частоти за обраними інтервалами кожного досліду, в середній – розрахункові значення прискорень, а в останній нормативні значення в залежності від частоти, що визначаються за формулою (3):

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$$\xi(\omega_n) = 1,95 \cdot \omega_n^{0,355}, \quad (3)$$

де ω_n – частота, Гц.

Таблиця 3. – Порівняльна таблиця

| Частота, Гц | Експериментальні значення прискорень, g | Мінімальні допустимі $1,95 \cdot \omega_n^{0,355}$, g |
|-------------|---|--|
|-------------|---|--|

По таблиці 3 будується гістограма, яка має показати, що для зазначеного спектру частот прискорення при позитивних результатах досліджень, як представлено для прикладу на рис. 8, мають перевищувати нормовані значення.

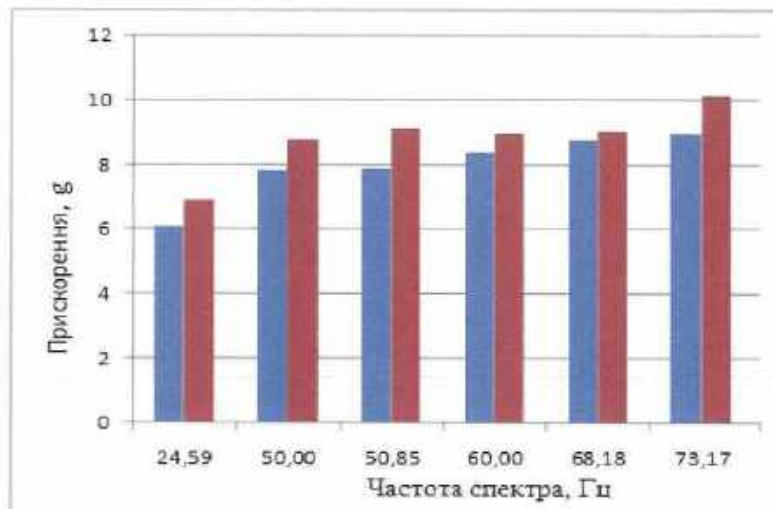


Рис. 8. Гістограмаспектру ударного відклику

Для поширення отриманих експериментальних даних на весь спектр частот до 100 Гц будується лінія тренда з використанням ступеневої залежності.

Коефіцієнти рівняння визначаються статичним методом максимальної правдоподібності, при цьому коефіцієнт детермінації має складати не більше $R^2 = 1$, що є задовільним (рис. 9).

Результати з коефіцієнтом детермінації вище 80 % можна вважати достатньо хорошими. Значення коефіцієнта детермінації $R^2 = 1$ означає функціональну залежність між зміними, що визнає точність підбору регресії високою.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

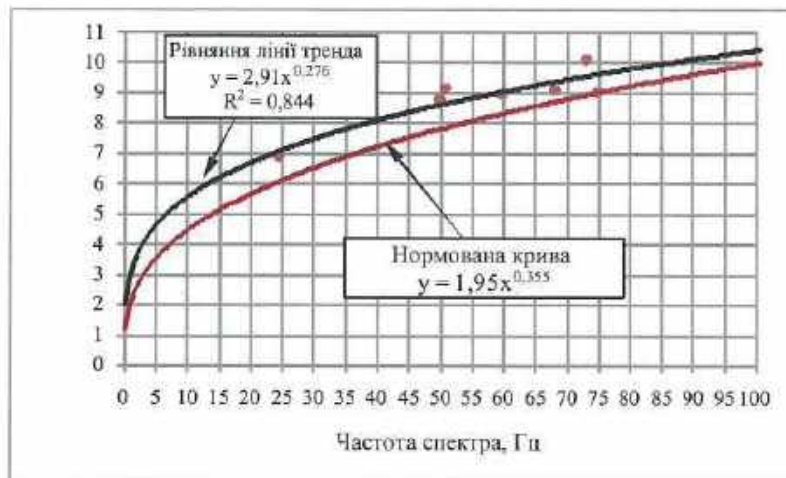


Рис. 9. Крива спектра ударного відклику

Висновки.

На підставі аналізу проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. Подальший розвиток інфраструктури олійно-жирової промисловості з метою збільшення обсягів перевезень рослинних олій потребує розв'язання проблем щодо скорочення часу доставки та витрат на транспортування рослинних олій по території країни та за її межами збільшенням обсягів виробництва танк-контейнерів.

2. Проведені дослідження на співудар танк-контейнера відносно рами вагона-платформи мають дозволяти отримати уточнену величину прискорення, яка діє на танк-контейнер, розташований на вагоні-платформі при співударяннях. Встановлено, що прискорення, яке діє на танк-контейнер при співударяннях мають значно перевищувати нормовану величину.

3. Розроблено процедуру отримання та порівняння з нормативними значеннями отриманих даних з експериментальних досліджень танк-контейнера для транспортування рослинних олій. Побудовано гістрограму спектру та порівняльні криві.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ловська, А. О. Моделювання навантаженості контейнера-цистерни при перевезенні у складі комбінованого поїзда на залізничному поромі / А. О. Ловська // Вісн. Нац. техн. ун-ту «ХПІ». Серія: Динаміка і міцність машин : зб. наук. пр. Харків, 2018. Вип. 33. С. 28–32. doi: 10.20998/2078-9130.2018.33.151225.

2. Ловська, А. О. Особливості математичного моделювання динаміки кузовів вагонів при їх перевезенні на залізничних поромах / А. О. Ловська // Зб. наук. пр. Донец. ін-ту заліз. трансп. – Донецьк, 2014. Вип. 37 С. 84–93.

3. Мямлин, С. В. Перспективные конструкции контейнеров-цистерн для перевозки светлых нефтепродуктов, аммиака и углеводородных газов / С. В. Мямлин, Ю. В. Кебал, С. М. Кондратюк // Залізв. трансп. України. 2012. № 2. С. 44–46.

4. Макеев, С. В. Особенности расчета напряженно-деформированного состояния танка-контейнера с учетом реального нагружения в эксплуатации / С. В. Макеев, П. М. Буйленков // Наука–образование–производство: опыт и перспективы развития : сб. материалов XIV Междунар. науч.-техн. конф., посв. памяти Е. Г. Зудова (8–9 февр. 2018 г.) : в 2-х т. Нижний Тагил, 2018. Т. 1 : Горно-металлургическое производство. Машиностроение и металлообработка. – С. 174–184.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

5. Ловська А.О. Дослідження міцності контейнерцистерни удосконаленої конструкції при комп'ютерному моделюванні експлуатаційних умов / А.О. Ловська, О.В. Фомін, А.М. Ожороков, О.М. Мельничук // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2015. № 2. С. 180-188.

6. Кельріх М.Б. Особливості проведення випробувань вагона-цистерни для перевезення небезпечних вантажів / Кельріх М.Б., Брайклевська Н.С., Фомін О.В., Прокопенко П.М. // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. Луганськ. 2019. № 3. С. 77-83.

7. [Електронний ресурс]. - Режим доступу. – <https://ukroilp.com.ua/news/oliyno-zhytova-galuz-ukraynu-ta-sogodni-dynamiku-stalogo-rozvytku-176>.

8. [Електронний ресурс]. - Режим доступу. – <https://a7d.com.ua/novini/48729-v-ukrayin-zroslo-virobnytvo-vsh-vidv-oljno-zhitovoyi-produkcyi.html>.

9. [Електронний ресурс]. - Режим доступу. – <https://ru.wikipedia.org/wiki/ISO>.

10. ГОСТ 31232-2005 Контейнери для перевезки небезпечних грузів. Требования по эксплуатационной безопасности. 6 с.

11. ДСТУ 7598-2014 Вантажні вагони. Загальні вимоги до розрахунків і проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). 162 с.

12. М 6.5.00745 „Вагони вантажні та пасажирські. Методика випробувань (статичні випробування на міцність від дії вертикального навантаження, випробування на міцність від дії поздовжнього квазістатичного навантаження, навантажень при ремонті та обслуговуванні, зосередженням вантажем, гідравлічних випробувань, розвантаження-завантаження, випробувань на співудар, власної частоти вигинних коливань кузова, ходових динамічних випробувань, ходових міцносних випробувань, плавності ходу та вібрації, випробувань з впливу на колію, поклісного зважування та випробувань з визначення показників шуму)”. Полтавська обл., м. Кременчук: ДП «УкрНДІВ», 2019. 39 с.

E.V. Tretiak

State Enterprise «Ukrainian Railway Car Building Research Institute»

33 I.Pryhodko Str., Kremenchuk, Ukraine, 39621

E-mail: office@ukrmdiv.com.ua

tel.: +38 (05366) 6 03 24

ORCID: 0000-0002-3429-5674

V.S. Rechkalov

State Enterprise «Ukrainian Railway Car Building Research Institute»

33 I.Pryhodko Str., Kremenchuk, Ukraine, 39621

E-mail: office@ukrmdiv.com.ua

tel.: +38 (05366) 6 03 24

S.V. Murchkov

State Enterprise «Ukrainian Railway Car Building Research Institute»

33 I.Pryhodko Str., Kremenchuk, Ukraine, 39621

E-mail: office@ukrmdiv.com.ua

tel.: +38 (05366) 6 03 24

PROCEDURE FOR OBTAINING DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE TANK CONTAINER FOR TRANSPORTATION OF VEGETABLE OILS UNDER IMPACT TEST

The paper presents the assessment of the fat – and-oil industry of Ukraine. Leaders of the largest producers of sunflower oil in Ukraine were determined in percentage terms; they are LLC "European Transport Stevedoring Company" (6.6% of total production), LLC

Optimus Agro Trade (6.1%), LLC Pridneprovsky SEZ, Ltd (4.7%) and PJSC "Vinitsa OZHK" (4.7%). The development of oil and fat enterprises of Ukraine was analyzed and the main problems were identified, which include the choice of transportation means of vegetable oils from factories to the seaport and the territorial location of factories producing vegetable oils. It is established that at present the currently relevant type of transportation of bulk cargo has become tank containers, as transportation in them is carried out without intermediate overflow of the product when changing the mode of transport, which ensures the increased safety of transportation and cargo, as well as contributing to the environmental security during the transportation process. The article includes the classification of tank containers and identification of the main world manufacturers of chemical and food tank containers. It is determined that the construction of the tank container should withstand the action of its own forces of inertia, which occur during the movement of the vehicle, as well as under impact of wagons that occur during shunting operations, including gravity marshalling yard, emergency braking and other emergencies that may occur during operation under the following accelerations: in the longitudinal direction P_{np} it is 2 g; in transverse direction P_n it is 1 g; in the vertical direction P_b it is 2 g; under impact: for a loaded container with dangerous goods the acceleration is 4 g; for a loaded container with a safe cargo it is 2 g; for an empty container (to check the fittings) it is 5 g. The paper describes the procedure for obtaining dynamic characteristics of a tank-container for transporting vegetable oils placed on a platform car under impact tests. The presented example of obtaining the values of accelerations that act on the load-bearing structure of the tank-container under impact shows that the designed construction of the tank-container meets the regulatory requirements for strength characteristics.

Keywords: tank-container, tank car, impact, acceleration, transportation of vegetable oils, spectrum histogram

REFERENCES

1. Lovs'ka, A. O., Modelyuvannya navantazhenosti konteynera-tsystemy pry perevezenni u skladi kombinovanoho poyizda na zaliznychnomu poromi / A. O. Lovs'ka // Visn. Nats.tekhn. un-tu «KHPi». Seriya: Dynamika i mitsnist' mashyn : zb. nauk. pr. Kharkiv, 2018. № 33, pp. 28–32. doi: 10.20998/2078-9130.2018.33.151225.
2. Lovs'ka, A. O., Osoblyvosti matematychnoho modelyuvannya dynamiky kuzoviv vagoniv pry yikh perevezenni na zaliznychnykh poromakh / A. O. Lovs'ka // Zb. nauk. pr. Donets. in-tu zalizn. transp. – Donets'k, 2014. № 37, – pp. 84–93.
3. M'yamin, S. V., Perspektivni konstruktsiyi rezervuariv-tsystem dlya transportuvannykh klykhafto produktiv, amiakutavuhlevodnevykh haziv. transp Ukrayiny. 2012. № 2. pp. 44–46.
4. Makeyev, S. V., Osobennosti raschetanapryazhenno-deformirovannogosostoyaniyatanka-konteynerasuchetom real'nogonagruzheniya v eksploatatsii / S. V. Makeyev, P. M. Buylenkov // Nauka-obrazovaniye-proizvodstvo: opytiperspektivy razvitiya : sb. materialov KHIV Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf., posv. pamyati Ye. G. Zudova (8–9 fevr. 2018 g.) : v 2-kh t. Nizhniy Tagil, 2018. T. 1 : Gorno-metallurgicheskoye proizvodstvo. Mashinostroyeniye i metalloobrabotka. pp. 174–184.
5. Lovs'ka, A.O., Doslidzhennya mitsnosti konteyneratsystemy udoskonalenoyi konstruktsiyi pry komp'yuternomu modelyuvanni ekspluatatsiynykh umov / A.O. Lovs'ka, O.V. Fomin, A.M. Okorokov, O.M. Melnychuk // Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovs'koho natsional'noho universytetu zaliznychnoho transportu. 2015. № 2. pp. 180-188.
6. Kel'rikh, M.B., Osoblyvosti provedennya vyprobuvan' vagona-tsystemy dlya perevezennya nebezpechnykh vantazhiv / Kel'rikh M.B., Brayktivs'ka N.S., Fomin O.V., Prokopenko P.M. // Visnyk shkhdnoukrayins'koho natsional'noho universtyetu im. V. Dalya. Luhans'k. 2019. № 3. pp. 77-83.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

7. [Elektronnyy resurs]. - Rezhym dostupu. – <https://ukroilprom.org.ua/news/olijno-zhyrova-galuz-ukrainy-ma-sogodni-dynamiku-stalogo-rozvytku-176>.
8. [Elektronnyy resurs]. - Rezhym dostupu. - <https://a7d.com.ua/novini/48729-v-ukrayin-zroslo-virobnictvo-vsh-vidv-oljno-zhirovoyi-produkeyi.html>.
9. [Elektronnyy resurs]. - Rezhym dostupu. – <https://ru.wikipedia.org/wiki/ISO>.
10. GOST 31232-2005 Konteynery dlya pcrevozki opasnykh Грузов. Trebovaniya po ekspluatatsionnoy bezopasnosti. 6 p.
11. DSTU 7598-2014 Vantazhni vahony. Zaha'ni vymohy do rozrakhunkiv i proektuvannya novykh i modernizovanykh vahoniv koliyi 1520 mm (nesamokhidnykh). 162 p.
12. М 6.5.00745 „Vahony vantazhni ta pasazhyr's'ki. Metodyka vyprobuvan' (statychni vyprobuвання na mitsnist' vid diyi vertykal'noho navantazhennya, vyprobuвання na mitsnist' vid diyi povzdovzhn'oho kvazistatychnoho navantazhennya, navantazhen' pry remonti ta obsluhovuvanni, zoseredzhenym vantazhem, hidravlichnykh vyprobuvan', rozvantazhennya-zavantazhennya, vyprobuvan' na spivudar, vlasnoyi chastoty vyhynnykh kolyvan' kuzova, khodovykh dynamichnykh vyprobuvan', khodovykh mitsnosnykh vyprobuvan', plavnosti khodu ta vibratsiyi, vyprobuvan' z vplyvu na koliyu, pokolisnoho zvazhuvannya ta vyprobuvan' z vyznachennya pokaznykiv shumy)”. Poltav's'ka obl., m. Kremenchuk: DP «UkrNDIV», 2019. 39 s.

О. Г. Макеєва

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-02-50

К. Л. Жихарцев

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-02-50

ВИБІР ІНТЕРВАЛУ РОЗБИТТЯ ЧАСУ ГАЛЬМУВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ГАЛЬМІВНОГО ШЛЯХУ ВАНТАЖНОГО ПОЇЗДА

Відповідно до ГОСТ 34434-2018 гальмівний шлях вантажного поїзда визначається підсумовуванням збільшень гальмівного шляху по інтервалах, на які розбивається час гальмування. Величина гальмівного шляху буде залежати від величини тимчасового інтервалу, на який розбивається час гальмування від початку гальмування до повної зупинки вантажного поїзда. У зв'язку з цим, виникає необхідність вибору такого значення тимчасового інтервалу, за якого розрахунковий гальмівний шлях вантажного поїзда буде відповідати фактичним значенням. Завдання вирішувалося методом визначення гальмівного шляху вантажного поїзда для заданого діапазону значень інтервалів Δt_i : від (0,07 - 1,2) с з кроком 0,01 с і 0,1 с. Показано, що на гальмівний шлях впливає величина тимчасового інтервалу. Встановлено діапазон значень інтервалу (0,07 - 0,1) с, при якому гальмівні шляхи мають максимальне значення при збереженні стабільності, при цьому встановлено, що за межами діапазону величини гальмівних шляхів зменшуються. Інтегрування диференціального рівняння руху вантажного поїзда за новими правилами виконується підсумовуванням приростів гальмівного шляху по інтервалах часу гальмування. Запропоновано гальмівний шлях вантажного поїзда визначати за тимчасового інтервалу рівного 0,1 с.

Ключові слова: вантажний поїзд, гальмівний шлях, тимчасовий інтервал

Е. Г. Макеєва

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагостроения»
ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-02-50

К. Л. Жыхарцев

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагостроения»
ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-02-50

© Макеєва О.Г., Жихарцев К.Л., 2020

**ВЫБОР ИНТЕРВАЛОВ С РАЗБИВКОЙ ВРЕМЕНИ ТОРМОЖЕНИЯ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОРМОЗНОГО ПУТИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА**

Согласно ГОСТ 34434-2018 тормозной путь грузового поезда определяется суммированием увеличений тормозного пути по интервалам, на которые разбивается время торможения. Величина тормозного пути будет зависеть от величины временного интервала, на который разбивается при торможении от начала торможения до полной остановки грузового поезда. В связи с этим, возникает необходимость выбора такого значения временного интервала, при котором расчетный тормозной путь грузового поезда будет соответствовать фактическим значением. Задача решалась методом определения тормозного пути грузового поезда для заданного диапазона значений интервалов Δt_i от (0,07 - 1,2) с с шагом 0,01 с и 0,1 с. Показано, что на тормозной путь влияет величина временного интервала. Установлено диапазон значений интервала (0,07 - 0,1) с, при котором тормозные пути имеют максимальное значение при сохранении стабильности, при этом установлено, что за пределами диапазона величины тормозных путей уменьшаются. Интегрирование дифференциального уравнения движения грузового поезда по новым правилам выполняется суммированием приростов тормозного пути по интервалам времени торможения. Предложено тормозной путь грузового поезда определять по временному интервалу равного 0,1 с.

Ключевые слова: грузовой поезд, тормозной путь, временной интервал

Викладені в ГОСТ 34434-2018 «Тормозные системы грузовых железнодорожных вагонов. Технические требования и правила расчета» [1] правила розрахунків гальмівних шляхів вантажних вагонів мають принципові відмінності від типових правил.

Основні особливості полягають у тому, що:

розрахункові дослідження гальма виконуються з урахуванням дійсних сил натискання гальмівних колодок і дійсних коефіцієнтів тертя, стор. 8 [1];

гальмівний шлях вантажного поїзда визначається з урахуванням тимчасової залежності зміни дійсної сили натискання гальмівних колодок в процесі гальмування, яке описується математичним виразом (1), стор. 12 [1];

$$k_t = \begin{cases} 0 & \text{при } t \leq 2с \\ \sin\left(\frac{\pi}{3600}(t-2)\right) & \text{при } 2с < t < 20с \\ 1 & \text{при } t \geq 20с \end{cases} \quad (1)$$

Гальмівний шлях (S_T) вантажного поїзда визначається як сума приросту по інтервалах часу Δt_i , за формулою (2) стор. 11 [1]:

$$S_T = \sum \Delta S_i = \sum_i \frac{V_{cp,i} \cdot \Delta t_i}{3,6}, \quad (2)$$

де, ΔS_i - приріст гальмівного шляху в інтервалі часу Δt_i

$V_{cp,i}$ - середня швидкість в розрахунковому інтервалі Δt_i .

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Зміна середньої швидкості $V_{cp,i}$ в кожному інтервалі Δt_i визначається за формулою (3), стор. 11 [1]:

$$\Delta V_{cp,i} = k_t \cdot \frac{\zeta \cdot (b_{T,i} + W_{0,i})}{3600}, \quad (3)$$

де, ζ - уповільнення поїзда, км/ч^2 , під дією питомої сповільнючої сили;

$b_{m,j}$ - питома гальмівна сила за середньої швидкості в розрахунковому інтервалі часу Δt_i , Н/т ;

W_0 - основний питомий опір руху поїзда за середньої швидкості в розрахунковому інтервалі часу Δt_i , Н/т .

Постановка проблеми. Очевидно, величина гальмівного шляху буде залежати від величини тимчасового інтервалу, на який розбивається час гальмування від початку гальмування до повної зупинки вантажного поїзда. У зв'язку з цим, виникає необхідність вибору такого значення тимчасового інтервалу, за якого розрахунковий гальмівний шлях вантажного поїзда буде відповідати фактичним значенням.

Матеріали і результати досліджень. Завдання вирішувалося методом визначення гальмівного шляху вантажного поїзда для заданого діапазону значень інтервалів Δt_i : від (0,07 - 1,2) с з кроком 0,01 с і 0,1 с. Остаточний вибір інтервалу Δt_i здійснювався за стабільними значеннями гальмівного шляху.

Аналіз результатів дослідження показав, що в діапазоні зміни тимчасового інтервалу від (0,07 - 0,1) с гальмівні шляхи набувають стабільні значення (рис. 1), про це свідчить і різниця гальмівних шляхів між інтервальними значеннями (рис. 2).

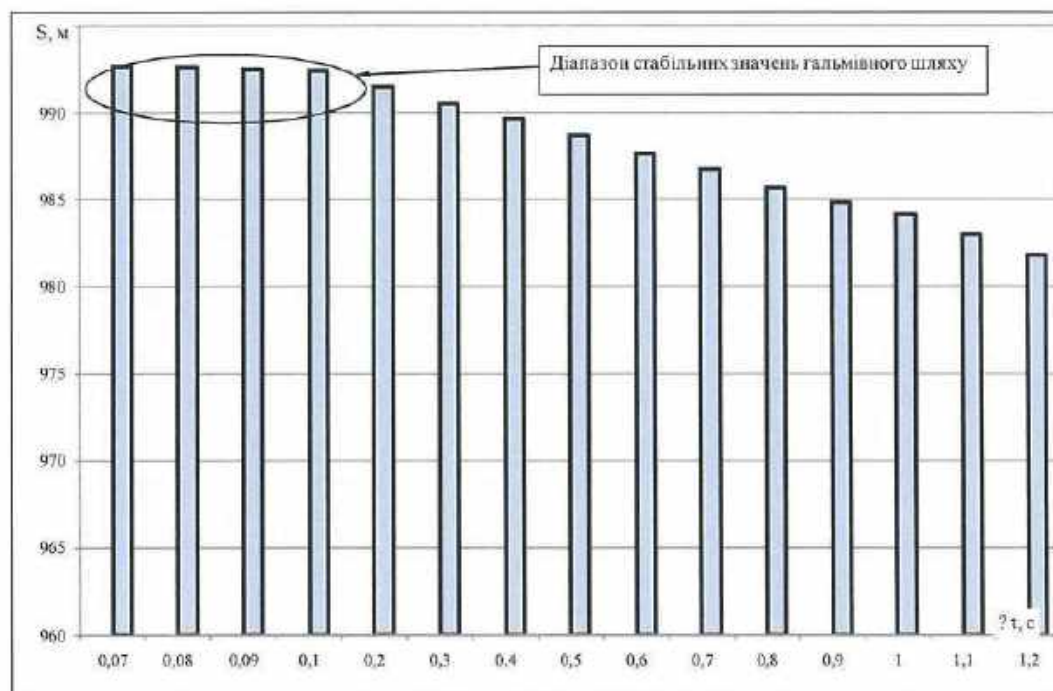


Рис. 1. Гальмівні шляхи вантажного поїзда в залежності від величини тимчасового інтервалу (Δt_i)

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

На підставі виконаних досліджень встановлено, що зі збільшенням інтервалу Δt_i гальмівні шляхи зменшуються, починаючи з $\Delta t_i > 0,1$ с.

Порівняльний аналіз показав, що гальмівний шлях вантажного поїзда за інтервалом часу гальмування 0,1 с склав 992 м (рис. 3), а по інтервалах 1,0 с - 984 м (рис. 4).

Згідно результатів контрольного прикладу [1], гальмівний шлях вантажного поїзда при інтервалі 1 с склав 985 м, стор. 22, табл. Г10 [1], що на 7 м менше порівняно з інтервалом 0,1 с.

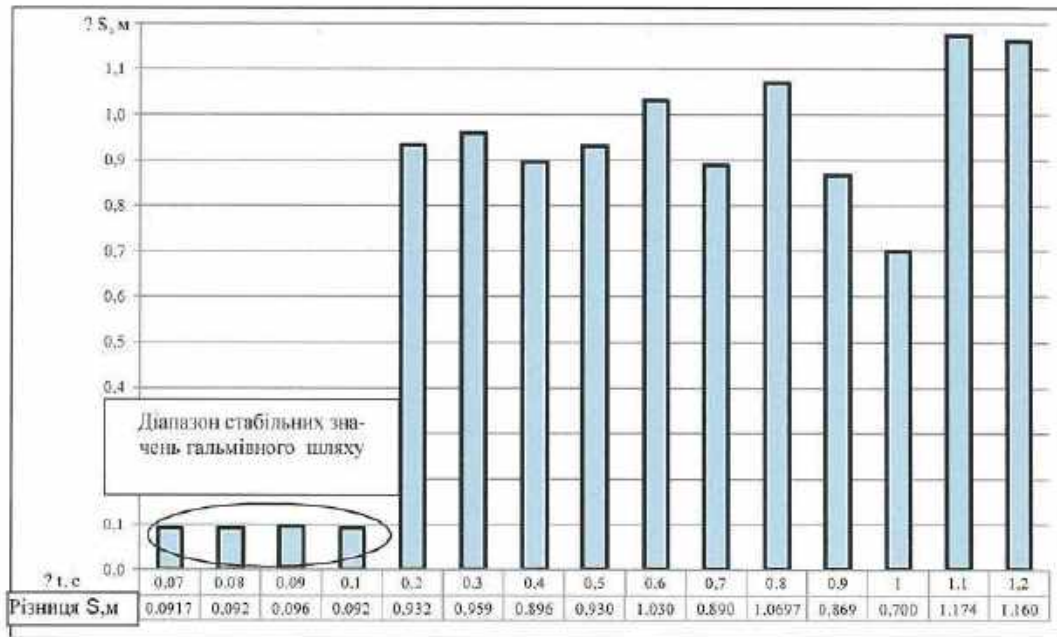


Рис. 2. Різниця гальмівних шляхів вантажного поїзда між сусідніми тимчасовими інтервалами

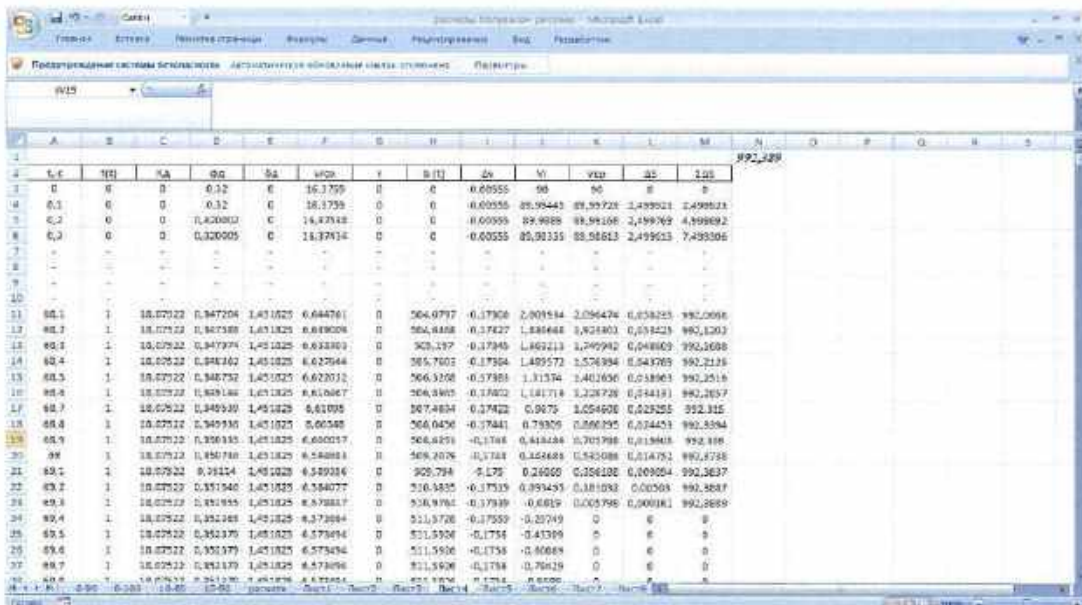


Рис. 3. Гальмівний шлях вантажного поїзда по інтервалах часу гальмування 0,1 с

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

The image shows a screenshot of a Microsoft Excel spreadsheet. The spreadsheet has a grid with columns labeled A through S and rows numbered 1 through 27. The data in the spreadsheet appears to be a table with multiple columns of numerical values. The title of the spreadsheet is 'Рейковий рухомий склад'. The spreadsheet is displayed in a window titled 'Рейковий рухомий склад - Microsoft Excel'.

Рис. 4. Гальмівний шлях вантажного поїзда по інтервалах часу гальмування 1,0 с

Висновки:

1. Інтегрування диференціального рівняння руху вантажного поїзда за новими правилами виконується підсумовуванням приростів гальмівного шляху по інтервалах часу гальмування.
2. На величину гальмівного шляху впливає заданий інтервал часу, при чому зі збільшенням інтервалу гальмівні шляхи зменшуються.
3. Значення інтервалів, при яких гальмівні шляхи зберігають стабільне значення відповідають діапазону (0,07 - 0,1) с.
4. Для отримання фактичного значення гальмівного шляху вантажного поїзда, рекомендується використовувати інтервал Δt , не більше 0,1 с.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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. 31с.

O.G. Makeieva

State Enterprise «Ukrainian Research Railway Car Building Institute» (DP «UkrNDIV»)
33, Prykhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-02-50

K.L. Zhykhartsev

State Enterprise «Ukrainian Research Railway Car Building Institute» (DP «UkrNDIV»)
33, Prykhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-02-50

SELECTION OF INTERVAL FOR BRAKING TIME PARTIONING TO DETERMINE THE BRAKING DISTANCE OF A FREIGHT TRAIN

According to GOST 34434-2018 the brake distance of the freight train is determined by summing up increase of the brake distance at intervals of the braking time. Value of the braking distance will depend on the value of the temporary interval at which the braking time is divided from the begging of the braking to the full stop of the freight train. For this reason it is necessary to choose the temporary interval value at which calculated braking distance of the freight train will correspond to real values. The task was solved by the method of determination of the freight train braking distance for a given range of the intervals values Δt_i : from (0,07 – 1,2) with a step of 0,01 s and 0,1 s. It is shown that a value of the temporary interval influences the braking distance. The range of interval values was determined (0,07 – 0,1) s, at which braking distances have the maximum value for preserving stability, with this it was determined that beyond the range the values of braking distances were decreased. Integration of the differential equation of the freight train operation according to the new rules is performed by summing up increases of the braking distance at braking time intervals. It was proposed to determine the braking distance of the freight train according to the temporary interval which is 0,1 s.

Key words: freight train, braking distance, time interval.

REFERENCES

1. GOST 34434-2018. Tормозные системы грузовых железнодорожных вагонов. Технические требования и правила расчета [Brake systems of freight railways cars. Technical requirements and calculation rules]. Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (ISS), adopted on October 30, 2018 (Minutes № 113-P), Moscow, Standardinform, 2018. 31 p.

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
ORCID: 0000-0003-0047-8509

**БЕЗПЕКА ПРОДУКЦІЇ, ПОКАЗНИКИ ЕКОЛОГІЧНОСТІ
ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ТЕПЛОВОЗІВ, ЯКИМ ПОДОВЖЕНО
СТРОК СЛУЖБИ ПІСЛЯ КАПІТАЛЬНО-ВІДНОВЛЮВАЛЬНОГО
РЕМОНТУ АБО ПІСЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ**

Ця стаття – перша з циклу публікацій за темою, яка є найгострішою у сфері залізничного транспорту, а саме відсутність нового тягового рухомого складу та наявність існуючого в експлуатації, стан якого залишається незадовільним.

В статті розглянуто вимоги до встановлених нормативними документами показників екологічної безпеки тепловозів, що експлуатуються на залізницях України; наведено обсяг та якісні характеристики екологічних показників, що мають бути обов'язково перевірені до початку експлуатації відремонтованого або модернізованого тепловоза; визначено вплив заходів з проведення капітально-відновлювального ремонту або модернізації тепловозів на показники екологічності відпрацьованих газів.

У контексті статті є доцільним розглянути вимоги щодо безпеки основного, навіть єдиного джерела, відпрацьованих газів – двигунів внутрішнього згоряння, що використовується на тепловозах (загальний вигляд тепловозів зображено на рис. 1).

Вимоги безпеки до двигунів та методів їх контролю зазвичай встановлюють в технічних умовах, конструкторської та експлуатаційної документації на двигуни конкретних типів. Двигуни мають відповідати також вимогам національних технічних регламентів та національних стандартів на них, з урахуванням їх експлуатаційних функцій, для яких вони призначені.

При цьому будь-яка небезпека для персоналу, яка може загрожувати під час функціонування двигуна, як необхідного елемента роботи загальної системи для створення рушійної сили (наприклад, двигун тепловоза), його рухомих частин, гарячих поверхонь, має бути мінімальною.

Під час проектування двигунів має бути ураховано їх призначення, умови експлуатації, умови навколишнього середовища, а також характеристики застосованих матеріалів, зокрема марка дизельного палива.

Особливу увагу потрібно приділяти безпеці конструкції: паливних систем; систем мащування та охолодження; систем керування двигуном.

До фізичних факторів небезпечного та шкідливого впливу відносяться: рухомі

© Семко Ж.О., 2020

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

частини; гарячі поверхні; відпрацьовані гази; підвищений рівень шуму; підвищений рівень вібрації; викиди полум'я; надлишковий тиск в картері; електричний струм.

До хімічних факторів небезпечного та шкідливого впливу відносяться: шкідливі компоненти відпрацьованих газів; паливо та пари палива; мастило та його пари; охолоджувальна рідина; неметалеві матеріали.

Згідно із переліками фізичних та хімічних факторів небезпечного та шкідливого впливу двигунів одним із найважливіших є показники відпрацьованих газів тепловозних двигунів.

Ключові слова: тепловоз, екологічні показники, відпрацьовані гази, фізичні та хімічні фактори небезпечного та шкідливого впливу, двигун внутрішнього згоряння

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

ORCID:0000-0003-0047-8509

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОДУКЦИИ. ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ТЕПЛОВОЗОВ, КОТОРЫМ ПРОДОЛЖЕН СРОК СЛУЖБЫ ПОСЛЕ КАПИТАЛЬНО- ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА ИЛИ ПОСЛЕ МОДЕРНИЗАЦИИ

Эта статья – первая из цикла публикаций по теме, которая является наиболее острой в сфере железнодорожного транспорта, а именно отсутствие нового тягового подвижного состава и наличие существующего в эксплуатации, состояние которого остается неудовлетворительным.

В статье рассмотрены требования к установленным нормативными документами показателям экологической безопасности тепловозов, эксплуатирующихся на железных дорогах Украины; приведен объем и качественные характеристики экологических показателей, подвергаемых обязательной проверке до начала эксплуатации отремонтированного или модернизированного тепловоза; определено влияние мероприятий по проведению капитально-восстановительного ремонта или модернизации тепловозов на показатели экологичности отработавших газов.

В контексте статьи логично рассмотреть требования по безопасности основного, и единственного источника отработавших газов – двигателей внутреннего сгорания, используемых на тепловозах (общий вид тепло-возов показан на рис. 1).

Требования безопасности к двигателям методом их контроля в общем случае устанавливаются в технических условиях, конструкторской и эксплуатационной документации на двигатели конкретных типов.

Двигатели должны соответствовать также требованиям национальных технических регламентов и национальных стандартов на них, с учетом их эксплуатационных функций, для которых они предназначены.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

При этом, любая опасность для персонала, которая может угрожать при работе двигателя, как необходимого элемента функционирования общей системы создания движущей силы (например, двигатель тепловоза), его движущихся частей, горячих поверхностей, должна быть минимальной.

При проектировании двигателей следует учитывать их назначение, условия эксплуатации, условия внешней среды, а также характеристики применяемых материалов, а том числе марок дизельного топлива.

Особенное внимание следует уделять безопасности конструкции: топливных систем; систем смазки и охлаждения; систем управления двигателем.

К физическим факторам опасного и вредного воздействия относятся: движущиеся части; горячие поверхности; отработавшие газы; повышенный уровень шума; повышенный уровень вибрации; выбросы пламени; избыточное давление в картере; электрический ток.

К химическим факторам опасного и вредного воздействия относятся: вредные компоненты отработавших газов; топливо и пары топлива; смазочное масло и его пары; охлаждающая жидкость; неметаллические материалы.

В соответствии с приведенными перечнями физических и химических факторов опасного и вредного воздействия двигателей одними из наиболее важных являются показатели отработавших газов тепловозных двигателей.

Ключевые слова: тепловоз, экологические показатели, отработавшие газы, физические и химические факторы опасного и вредного воздействия, двигатель внутреннего сгорания.

Відповідно до Закону України Про технічні регламенти та оцінку відповідності [1] у сфері регулювання відносин, «що виникають у зв'язку з розробленням та прийняттям технічних регламентів і передбачених ними процедур оцінки відповідності, їх застосуванням» (частина 1 статті 2) продукція, «що вводиться в обіг, надається на ринку або вводиться в експлуатацію, а згідно з деякими технічними регламентами - також продукція, що виготовляється та/або вводиться в експлуатацію виробником для використання у власних цілях, повинна відповідати вимогам усіх чинних технічних регламентів, які застосовуються до такої продукції, крім випадків, визначених у статті 12 цього Закону та у відповідних технічних регламентах» (частина 1 статті 11).

Цілями для розроблення технічних регламентів відповідно до частини 1 статті 9 Закону є:

- «- захист життя та здоров'я людей, тварин і рослин,
- охорона довкілля та природних ресурсів,
- забезпечення енергоефективності,
- захист майна,
- забезпечення національної безпеки;
- запобігання підприємницькій практиці, що вводить споживача (користувача) в оману».

Згідно із наданим переліком цілей розроблення технічних регламентів, пріоритетним напрямком є захист життя та здоров'я людей, тварин та рослин. Іншими словами, вимоги технічних регламентів мають бути направлені на забезпечення виробництва, введення в експлуатацію, надання на ринку безпечної продукції.

Відповідно до частини 1 статті 11¹ Закону «технічним регламентом може бути передбачено, що відповідність продукції, пов'язаних з нею процесів або методів виробництва чи інших об'єктів стандартам з переліку національних стандартів для цілей застосування відповідного технічного регламенту (авт., далі – Перелік національних стандартів, що надають презумпцію відповідності) або частинам таких стандар-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

ртів надає презумпцію відповідності такої продукції, пов'язаних з нею процесів або методів виробництва чи інших об'єктів суттєвим вимогам зазначеного технічного регламенту, які охоплюються такими стандартами або їх частинами та визначені в технічному регламенті.»

Отже відповідність продукції визначеним вимогам (або у технічному регламенті безпосередньо, або у національних стандартах із «Переліку національних стандартів, що надають презумпцію відповідності») є запорукою безпечності продукції.

При цьому відповідно до ДСТУ ГОСТ 15.902 [2] «залізничний рухомий склад та/або його складові частини вводяться в обіг у разі їх відповідності вимогам технічних регламентів, що розповсюджуються на дану продукцію» (пункт 8.4.1), тобто стосовно відповідності залізничного транспорту не має значення новий це рухомий склад або такий, що пройшов капітально-відновлювальний ремонт, або модернізацію. Згідно із пунктом 9.5 ДСТУ ГОСТ 15.902 «у разі внесення в конструкцію рухомого складу змін, що впливають на виконання вимог безпеки, модернізований (модифікований) рухомий склад та/або його складові частини підлягають обов'язковому підтвердженню відповідності».

Зрозуміло, що у цьому сенсі постає задача визначення критеріїв, показників безпеки, що мають бути оцінені та встановлення відповідності яким є презумпцією відповідності вимогам технічних регламентів.

Чинні нормативні документи (НД) в сфері залізничного транспорту для визначення показників безпеки локомотивів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. – Нормативні документи в сфері залізничного транспорту

| Позначення та найменування НД | |
|--|---|
| національні | міждержавні |
| 1 | 2 |
| ГОСТ 12.2.056-81 ССБТ. Электровозы и тепловозы колеи 1520 мм. Требования безопасности [3] | ГОСТ 12.2.056-81 ССБТ. Электровозы и тепловозы колеи 1520 мм. Требования безопасности |
| ДСТУ ГОСТ 25463:2019 (ГОСТ 25463–2001, IDT) Тепловозы магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические требования [4] | ГОСТ 25463-2001 заменен на ГОСТ 31187-2011 и ГОСТ 31428-2011 |
| ДСТУ ГОСТ 31187:2018 (ГОСТ 31187–2011, IDT) Тепловозы магистральные. Общие технические требования [5] | ГОСТ 31187-2011 Тепловозы магистральные. Общие технические требования [6] |
| ДСТУ ГОСТ 31966:2018 (ГОСТ 31966–2012, IDT) Дизели судовые, тепловозные та промислові. Загальні вимоги щодо безпеки [7] | ГОСТ 31966-2012 Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Общие требования безопасности [8] |
| ГОСТ 24028-80 скасовано в Україні з 01.01.2019 | ГОСТ 24028-2013 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерений [9] |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Закінчення таблиці 1

| 1 | 2 |
|-----------------------|---|
| Не прийнято в Україні | ГОСТ 30574-98 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ и дымность отработавших газов. Циклы испытаний [10] |
| Не прийнято в Україні | ГОСТ 31428-2011 Тепловозы маневровые с электрической передачей. Общие технические требования [11] |
| Не прийнято в Україні | ГОСТ 31967-2012 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения [12] |
| Не прийнято в Україні | ГОСТ 33754-2016 Выбросы вредных веществ и дымность отработавших газов автономного тягового и моторвагонного подвижного состава. Нормы и методы определения [13] |



Рис. 1. Общий вид тепловозов

У цілях даної статті особливу увагу слід приділити наявності прийнятих Міждержавною Радою зі стандартизації, метрології та сертифікації (МДР) стандартів стосовно норм та методів визначення викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами для поршневих двигунів внутрішнього згорання (ГОСТ 31967-2012 [12]) та для автономного тягового і моторвагонного рухомого складу (ГОСТ 33754-2016 [13]).

У розділі 5 «Номенклатура и нормы выбросов вредных веществ и дымности отработавших газов» ГОСТ 33754-2016 [13] встановлено, що для нормування викидів шкідливих речовин (ШР) у відпрацьованих газах (ВГ) тягового рухомого складу (ТРС) та моторвагонного рухомого складу (МВРС) визначають параметри, що вказані у 5.1.1.- 5.1.3 та 5.2 [13], а саме:

- 5.1.1 Параметри, обов'язкові для приймальних та сертифікаційних випробувань:
- питомий середньозважений викид оксидів азоту, e_{NO_x} ;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- питомий середньозважений викид оксиду вуглецю, e_{CO} ;
- питомий середньозважений викид вуглеводнів, e_{CH}
- димність відпрацьованих газів.

5.1.2 Параметри, обов'язкові для контролю в експлуатації під час реостатних випробувань (на пунктах екологічного контролю - ПЕК):

- концентрація оксидів азоту, C_{NO_x} (об'ємна доля, %);
- концентрація оксиду вуглецю, C_{CO} (об'ємна доля, %);
- концентрація вуглеводнів, C_{CH} (об'ємна доля, %);
- димність відпрацьованих газів, N , %.

5.1.3 Для ТРС та МВРС, які не мають можливості навантаження на реостат (згідропередачею, з механічною передачею), вимірювання проводять на режимі 1 (холодого ходу) та результати вимірювань приводять до вмісту кисню в відпрацьованих газах, рівному 15%. При цьому визначають такі параметри:

- приведена концентрація оксидів азоту, C_{NO_x} (об'ємна доля, %);
- приведена концентрація оксиду вуглецю, C_{CO} (об'ємна доля, %);
- приведена концентрація вуглеводнів, C_{CH} (об'ємна доля, %);
- коефіцієнт ослаблення світлового потоку, N , %.

5.2 Для нормування димності відпрацьованих газів ТРС та МВРС визначають один із наступних параметрів:

- коефіцієнт ослаблення світлового потоку, N , %;
- натуральний показник ослаблення світлового потоку, m^{-1} ;
- одиниці димності за шкалою Bosch (BSU, BSN) або димове число фільтру FSN;
- масовий вміст (концентрація) сажі в відпрацьованих газах, g/m^3 ;
- питомий середньозважений викид твердих частин, e_{PM} .

У таблицях 2 – 6 наведено нормовані значення вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах, контролювання яких здійснюється під час приймальних та сертифікаційних випробувань тягового та моторвагонного рухомого складу.

Таблиця 2. - Значення гранично допустимих питомих середньозважених викидів ШР, з відпрацьованими газами, г/кВт·ч

| Стадія | Використання | Питомі середньозважені викиди, % | | | |
|--------|---|----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| | | оксидів азоту C_{NO_x} | оксидів вуглецю C_{CO} | оксидів вуглеводнів C_{CH} | твердих частин e_{PM} |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 0 | ТРС та МВРС з двигунами, поставленими на виробництво до 2000 р. | 25 | 10 | Не нормується | Не нормується |
| 1 | ТРС та МВРС побудовані до 2016 р. з двигунами, поставленими на виробництво до 2000 р. | 18 | 6 | 2,4 | Не нормується |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Закінчення таблиці 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|--|-----|-----|-----|---------------|
| 2 | ТРС и МВРС з двигунами, поставленими на виробництво з 2000 до 2020 р. | 12 | 3,5 | 1 | Не нормується |
| 3А | ТРС та МВРС з двигунами, поставленими на виробництво з 2020 до 2025 р. | 7,4 | 3,5 | 0,4 | |
| 3Б | ТРС та МВРС з двигунами, поставленими на виробництво з 2025 р. | 4,0 | 1,5 | 0,4 | 0,15 |

Примітка - Допускається випуск ТРС и МВРС стадії 2 до 2025 р. за умови, якщо технічне завдання на ТРС або МВРС затверджено до введення в дію ГОСТ 33754-2016 [13].

Таблиця 3. - Об'ємна частка гранично допустимого вмісту ШР у ВГ, у об'ємних процентах

| Стадія | Використання | Значення концентрації ШР у ВГ, % | | | | | | | | |
|--------|---|----------------------------------|-------|-------|----------------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|
| | | Сума оксидів азоту | | | Оксиду вуглецю | | | Сума оксидів вуглеводнів | | |
| | | Режим за ГОСТ 30574-98 [10] | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 0 | ТРС та МВРС з двигунами, поставленими на виробництво до 2000 р. | 0,065 | 0,310 | 0,290 | 0,050 | 0,290 | 0,195 | Не нормується | | |
| 1 | ТРС та МВРС побудови до 2016 г. з двигунами, поставленими на виробництво до 2000 р. | 0,050 | 0,290 | 0,270 | 0,035 | 0,170 | 0,150 | 0,050 | 0,070 | 0,060 |
| 2 | ТРС и МВРС с двигунами, поставленими на виробництво з 2000 до 2020 р. | 0,045 | 0,240 | 0,230 | 0,020 | 0,070 | 0,065 | 0,020 | 0,030 | 0,025 |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Закінчення таблиці 3

| |
|--|
| <p>Примітка. Перерахунок вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах із об'ємних часток $C_{\text{ШРО}}$ (об. %) у масові концентрації $C_{\text{ШРМ}}$ (г/м³) виконують за формулою:</p> $C_{\text{ШРМ}} = \frac{\mu_{\text{ШР}}}{2,24} \cdot C_{\text{ШРО}},$ <p>де $\mu_{\text{ШР}}$ – молярна маса шкідливої речовини (компоненту), г/моль</p> $\mu_{\text{NO}_2} = 46, \mu_{\text{CO}} = 28, \mu_{\text{C}_3\text{H}_8} = 44$ <p>$C_{\text{ШРО}}$ – об'ємна доля шкідливої речовини, % (об. %), Перерахунок NO_x здійснюють по NO_2, а CH по C_3H_8.</p> |
|--|

Таблиця 4. - Гранично допустимі значення концентрацій ШР у ВГ, приведені до 15 % кисню (для випробувань в режимі холостого ходу)

| Шкідлива речовина | Концентрація шкідливої речовини | | | Примітка |
|-----------------------------------|---------------------------------|-------|-------|---------------------------------------|
| | стадія | | | |
| | 0 | 1 | 2 | |
| Оксиди азоту NO_x | 0,290 | 0,240 | 0,200 | Перерахунок за NO_2 |
| Окис вуглецю CO | 0,190 | 0,090 | 0,060 | - |
| Вуглеводні C_nH_m | Не нормується | 0,030 | 0,030 | Перерахунок за C_3H_8 |

Примітка. Перерахунок вмісту шкідливої речовини у відпрацьованих газах із об'ємних долей $C_{\text{ШРО}}$ (об. %) у масову концентрацію $C_{\text{ШРМ}}$ (г/м³) виконують за формулою:

$$C_{\text{ШРМ}} = \frac{\mu_{\text{ШР}}}{2,24} \cdot C_{\text{ШРО}},$$

де $\mu_{\text{ШР}}$ – молярна маса компонента ШР, г/моль

$$\mu_{\text{NO}_x} = 46, \quad \mu_{\text{CO}} = 28, \quad \mu_{\text{C}_3\text{H}_8} = 44$$

$C_{\text{ШРО}}$ – об'ємна доля ШР, % (об. %).

Таблиця 5. - Гранично допустимі значення димності ВГ для усталених режимів роботи силових установок ТРС та МВРС, %

| Режими за ГОСТ 30574-98 [10] | Стадія | | | | |
|------------------------------|--------|------|----|----|----|
| | 0 | 1 | 2 | 3А | 3Б |
| 1 | 19,5 | 17,5 | 17 | 15 | 12 |
| 2 | 29,6 | 28,0 | | | |
| 3 | 43,6 | 41,0 | | | |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 6. - Гранично допустимі значення димності ВГ для перехідних режимів роботи елеваторних установок ТРС та МВРС, %

| Стадія | Пік 30 секунд | Пік 3 секунди |
|--------|---------------|---------------|
| 0 - 2 | Не нормується | |
| 3А, 3Б | 50 | 40 |

Таблиця 7. - Режими випробувань ТРС и МВРС

| Режим випробувань ТРС та МВРС за ГОСТ 30574-98 [10] | Навантаження | Ваговий коефіцієнт |
|---|--------------------|--------------------|
| 1 | 100% від P_{max} | 0,25 |
| 2 | 35% від P_{max} | 0,15 |
| 3 | холостий хід | 0,6 |

Примітка. P_{max} - номінальний режим роботи двигуна.

Для більш повного розуміння цілей цієї статті нижче в таблиці 8 наведено інформацію щодо серії, періоду побудови, потужності двигуна, кількості експлуатованих тепловозів за даними [14], [15] станом на 2016 рік, з внесенням додаткових даних щодо типу передачі, роду служби та підприємств-виробників тепловозів.

Таблиця 8. – Інформативні дані щодо серії, року побудови, потужності двигуна та кількості тепловозів, що експлуатуються в Україні

| Серія тепловоза | Рік побудови, виробник | Потужність двигуна, кВт (к.с.) | Кількість, що знаходиться в експлуатації (% від загальної кількості) | Тип передачі | Рід служби |
|-------------------------------|---|--------------------------------|--|------------------------------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Всього парк тепловозів | | | 2151 од. | | |
| ЧМЕ 2 | 1958 | 551,6 (750) | 922 64,4 % | Електрична постійного струму | маневровий |
| ЧМЕ 3 | 1964 | 992,9 (1350) | | | |
| ТГМ | 1971-1989 Людиновський тепловозобудівний завод | 367,8 (500) | 17 0,8 % | Гідравлічна | маневровий |
| ТГК | 1960-2008 Калужський машинобудівний завод | 161,8-183,9 (220-250) | | | |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Закінчення таблиці 8

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|--------------------|---------------------------|---|---|
| Всього маневрових тепловозів | | | 1432 од. | | |
| М62 | 1964-1976 Луганський тепловозобу- дівний завод | 1471 (2000) | 49 2,3 % | електри- чна постійно- го струму | магістраль- ний вантажний |
| 2М62 | 1976-1985 Луганський тепловозобу- дівний завод | 1471 (2000) | 216 10,0 % | електри- чна постійно- го струму | магістраль- ний вантажний ¹⁾ |
| 2ТЕ10 | 1958-2007 Луганський тепловозобу- дівний завод Харківський завод транспо- ртного маши- нобудування | 2206,5 (3000) | 101 4,5 % | електри- чна постійно- го струму | магістраль- ний вантажний |
| 2ТЕ116 | 1971-2016, Луганський тепловозобу- дівний завод | 2x2250,6 (3000) | 281 13,0% | електри- чна постійно- го струму | магістраль- ний вантажний ²⁾ |
| Всього магістральних вантажних тепловозів | | | 648 од. | | |
| ТЕП70 | 1973-2006 Коломенський тепловозобу- дівний завод | 2942 (4000) | 67 3,1 % | електри- чна змінно - постійно- го струму | магістраль- ний пасажирсь- кий |
| ТЕП150 | 2005-2008 Луганський тепловозобу- дівний завод | 3100 (4216) | 4 0,19 % ³⁾ | електри- чна змінно - постійно- го струму | магістраль- ний пасажирсь- кий |
| Всього магістральних пасажирських тепловозів | | | 71 од. | | |
| ¹⁾ - тепловоз 2М62 також використовується у складі дизель-поїздів ДРБ1, ДДБ1 на Білоруської залізниці. ²⁾ - тепловоз 2ТЕ116 у разі модернізації використовується як пасажирський. ³⁾ - тепловозів ТЕП150 було виготовлено у 2005 (№ 001) та 2008 (№№ 002 – 004), приписані до ТЧ-6 Кременчук Південної залізниці. | | | | | |

За даними Центра Транспортних Стратегій (<https://cfts.org.ua/news/2018/09/30>), який посилається на інформацію з офіційних джерел ПАТ «Укрзалізниця» станом на 1 вересня 2018 року парк тепловозів налічував 3566 локомотивів, з яких 1258 – маневрові тепловози, 550 пасажирських и 1758 вантажних локомотивів.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

У наведених статистичних даних враховані усі локомотиви за виключенням тих, що знаходяться на тимчасово неконтрольованій території.

При цьому з 550 пасажирських локомотивів (71 тепловоз, 479 електровозів) в експлуатації знаходиться тільки 287, з них – 28 тепловозів та 259 електровозів, ще 165 (43 тепловоза та 122 електровоза) знаходяться в несправному стані, на ремонті, технічному обслуговуванні.

З 1758 вантажних локомотивів – експлуатується тільки 945 одиниць, з них – 202 тепловоза, 743 електровоза. Несправні, на ремонті або технічному обслуговуванні – 782 локомотива (393 тепловоза, 389 – електровозів).

На рис. 2 схематично зображений інвентарний парк тягового рухомого складу ПАТ «Укрзалізниця» станом на 01 вересня 2018 р.



Рис. 2. Кількісний склад інвентарного парку тягового рухомого складу

Знос тягового рухомого складу складає 97,1 %, зокрема магістральних електровозів – 92 %, магістральних тепловозів – 99,6 %, маневрових тепловозів – 99,7 %. Майже увесь наявний парк ТРС відпрацював встановлені терміни служби.

У зв'язку із вище наведеними даними щодо кількості тепловозів, що знаходяться в експлуатації, їх занадто «поважним віком», і як наслідок технічним станом, актуальнішим стає питання дотримання вимог щодо безпеки їхньої роботи з точки зору порушеного у цій статті питання екологічної безпеки відпрацьованих газів.

Нормативними документами встановлене деяке погіршення показників щодо вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах. А саме ГОСТ 33754-2016 регламентує, що для усіх експлуатованих ТРС і МВРС норми викидів ШР (крім оксидів азоту) та димності ВГ збільшують у порівнянні с ТРС і МВРС нульового пробігу:

- на 15% - після пробігу більше ніж 150 тис. км або за напрацювання вище ніж 18 місяців залежно від того, що настане скоріше;
- на 25 % - після пробігу більше ніж 300 тис. км або за напрацювання вище ніж 36 місяців залежно від того, що настане скоріше;
- на 30% - після пробігу 500 тис. км або за напрацювання вище ніж 60 місяців залежно від того, що настане скоріше;
- на 35% - зі строком експлуатації вище ніж 90 місяців.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Після експлуатації ТРС и МВРС стадій 0 та 1 вище ніж 20 років параметри, наведені в таблиці3 та визначені за вимогами, наведеними у попередньому абзаці, збільшують:

- для оксидів вуглецю та вуглеводнів на 5%;
- для димності на 15%.

Зазначені погіршення екологічних показників є обґрунтованими наслідками зношення двигунів тепловозів впродовж строку служби.

Але не має сумнівів, що це не на користь тим, хто працює та користується, або живе поряд із залізницями, по яких курсує такий рухомий склад.

Зрозуміло, що життя і здоров'я громадян піддається додатковим ризикам і шкідливому впливу речовин, що містяться у відпрацьованих газах.

Виходячи з вище викладеного, можна зробити висновок, що тяговий рухомий склад, який вислужив призначений термін служби, несе небезпеку як з точки зору технічного стану (можливість ризиків щодо виходу з ладу систем та механізмів тепловозів, в наслідок чого – виникнення аварії або катастрофи) або, за умови потенційно надійної роботи двигунів тепловозів, наявність гірших показників екологічної безпеки відпрацьованих газів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України Про технічні регламенти та оцінку відповідності (Документ 124-VIII чинний, поточна редакція — Редакція від 03.07.2020, підстава 2740-VIII). Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/124-19#Text>

2. 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, Київ, 2017, 36 с.

3. ГОСТ 12.2.056-81 ССБТ. Электровозы и тепловозы колес 1520 мм. Требования безопасности, М., 2002, 26 с.

4. ДСТУ ГОСТ 25463:2019 (ГОСТ 25463–2001, IDT) Тепловози магістральних залізниць колії 1520 мм. Загальні технічні вимоги. Київ, 2019, 24 с.

5. ДСТУ ГОСТ 31187:2018 (ГОСТ 31187–2011, IDT) Тепловози магістральні. Загальні технічні вимоги, Київ, 2018, 37 с.

6. ГОСТ 31187-2011 Тепловози магістральные. Общие технические требования, М., 2012, 31 с.

7. ДСТУ ГОСТ 31966:2018 (ГОСТ 31966–2012, IDT) Дизелі судові, тепловозні та промислові. Загальні вимоги щодо безпеки, Київ, 2018, 12 с.

8. ГОСТ 31966-2012 Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Общие требования безопасности, М., 2014, 8 с.

9. ГОСТ 24028-2013 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерений, М., 2014, 22 с.

10. ГОСТ 30574-98 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ и дымность отработавших газов. Циклы испытаний, Минск, 1999, 90 с.

11. ГОСТ 31428-2011 Тепловози маневровые с электрической передачей. Общие технические требования, М. 2011, 8 с.

12. ГОСТ 31967-2012 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения, М. 2014, 31 с.

13. ГОСТ 33754-2016 Выбросы вредных веществ и дымность отработавших газов автономного тягового и моторвагонного подвижного состава. Нормы и методы определения, М. 2017, 68 с.

14. Стратегічний план розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року, затв. Наказом Міністерства інфраструктури України від 21 грудня 2015 № 547, Київ, 66 с.

15. Іванченко Д. А. Удосконалення методів визначення обсягів приймальних випробувань модернізованих тепловозів, дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук. 177 с. Харків, 2016.

Z.O. Semko

State Enterprise «Ukrainian Research Railway Car Building Institute» (DP «UkrNDIV»)
33, Prykhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.:(05366) 6-02-50
ORCID: 0000-0003-0047-8509

SAFETY OF GOODS, INDICES OF ENVIRONMENTAL EXHAUST GASES OF LOCOMOTIVES, WITH EXTENDED SERVICE LIFE AFTER OVERHAUL RECONDITIONING

This article is the first in a series of related publications urgent in the field of railway transport, namely absence of new traction rolling stock and the presence of existing in operation, the condition of which remains uncommented.

The article is concerned with the requirements specified in normative documents for the environmental security indices of diesel locomotives operated on the railways of Ukraine, the volume and qualitative characteristics of environmental indices, which must be checked before the operation of the repaired or upgraded locomotive is given; the impact of overhaul reconditioning or modernization measures of locomotives on the environmental indices of exhaust gases was determined.

In the context of the article, it is reasonable to consider the safety requirements of the main, even the only source of exhaust gases - internal combustion engines used on locomotives (general view of locomotives is shown in Fig. 1).

Safety requirements for engines and methods of their control are usually set in the technical specifications, design and operating documentation for engines of certain types.

Engines must also meet the requirements of national technical regulations and national standards for them, taking into account their operational functions for which they are intended.

In this case, any danger to personnel, which may occur during the operation of the engine, as a necessary element of the overall system to create a moving force (e.g. locomotive engine), its moving parts, hot surfaces, should be minimal.

During the design of engines their purpose, operating conditions, environmental conditions, as well as characteristics of used materials, in particular the brand of diesel fuel should be taken into account.

Special attention should be paid to the structure safety of: fuel supply systems; lubrication and cooling systems; engine control systems.

The physical factors of dangerous and harmful effect include: moving elements; hot surfaces; exhaust gases; increased noise level; increased vibration level; flame emissions; - excess pressure in the crankcase; electric current.

The chemical factors of dangerous and harmful effect include: harmful components of exhaust gases; fuel and fuel vapor; lubrication and its vapour; coolant; non-metallic materials.

According to the lists of physical and chemical factors of dangerous and harmful effects of engines, one of the most important is indices of exhaust gases of diesel engines.

Key words: *diesel locomotive, ecological indices, exhaust gases, physical and chemical factors of dangerous and harmful influence, internal combustion engine*

REFERENCES

1. Zakon Ukrainy Pro tekhnichni reglamenti ta otsinku vidpovidnosti (Dokument 124-VIII-chynnyi, potochna redaktsiia – Redakciia vid 03.07.2020, pidstava - 2740-VIII) [Law of Ukraine On Technical Regulations and Conformity Assessment (Document 124-VIII, applicable, current version - Edition of

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

03.07.2020, basis -2740-VIII). (2015) Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-p#Text> [in Ukrainian]

2. DSTU-GOST-15.902:2017(GOST 15.902:2014, IDT) Systema rozroblennia ta postanovlennia produktsii na vyrobnytstvo. Zaliznychnyi rukhomyi sklad poriadok rozroblennia ta postanovlennia na vyrobnytstvo [DSTU GOST 15.902: 2017 (GOST 15.902–2014, IDT) System of product development and launching into manufacture. Railway rolling stock. The order of development and launching into manufacture] (2017), Kiev: [in Russian]

3. GOST 12.2.056-81 SSBT. Elektrovozy I teplovozy kolei 1520 mm. Trebovaniya bezopasnosti [3 GOST 12.2.056-81 SSBT. Electric locomotives and diesel locomotives of 1520 mm track. Security requirements, (2002), Moscow: [in Russian]

4. DSTU GOST 25463:2019 (GOST 25463-2001, IDT) Tteplovozy magistralnykh zaliznyts kolii 1520 mm. Zagalni tekhnichni vymogy [DSTU GOST 25463: 2019 (GOST 25463–2001, IDT) Diesel locomotives of main railways of 1520 mm track. General technical requirements],(2019), Kiev: [in Russian]

5. DSTU GOST 31187-2018 GOST 31187-2011, IDT) Teplovozy magistralni. Zagalni tekhnichni vymogy [DSTU GOST 31187: 2018 (GOST 31187–2011, IDT) Mainline locomotives. General technical requirements], (2018), Kiev: [in Russian]

6. GOST 31187-2011 Teplovozy magistralnyie. Obshchie tekhnicheskije trebovaniya [GOST 31187- 2011 Mainline locomotives. General technical requirements], (2012), Moscow: [in Russian]

7. DSTU GOST 31966:2018 (GOST 31966-2012, IDT) Dizeli sudnovi, teplovozni ta promislovi. Zagalni vymogy shchodo bezpeky [GOST 31966-2012 Marine diesel, diesel locomotive and industrial diesel. General safety requirements]. (2018), Kiev: [in Russian]

8. GOST 31966-2012 Dizeli sudovye teplovozyne I promyshlennye. Obshchie trebovaniya bezopasnosti [GOST 31966-2012 Marine diesel, diesel locomotive and industrial diesel. General safety requirements], (2014), Moscow: [in Russian]

9. GOST 24028-2013 Dvigateli vnutrennego sgoraniya porshnevye. Dymnost otrabotavshikh gazov. Normy I metody izmerenii [GOST 24028-2013 Internal combustion engines. Exhaust smoking capacity. Norms and methods of measurements] , (2014), Moscow: [in Russian]

10. GOST 30574-98 Dvigateli vnutrennego sgoraniya porshnevye. Vybrosy vrednykh veshchestv I dymnost otrabotavshikh gazov Tsikly ispytani [GOST 30574-98 Internal combustion engines. Emissions of harmful substances and exhaust smoking capacity. Test cycles], (1999), Minsk: [in Russian]

11. GOST 31428-2011 Teplovozy manevrovyye s ehlektricheskoi peredachei obshchie tekhnicheskije trebovaniya [GOST 31428-2011 Shunting diesel locomotives. General technical requirements], (2011), Moscow: [in Russian]

12. GOST 31967-2012 Dvigateli vnutrennego sgoraniya porshnevye vybrosy vrednykh veshchestv s otrabotavshimi gazami. Normy I metody opredeleniya [GOST 31967-2012 Internal combustion reciprocating engines. Emissions of harmful substances with the exhaust gases. Limit values and test methods], (2014), Moscow: [in Russian]

13. GOST 33754-2016 Vybrosy vrednykh veshchestv i dymnost otrabotavshikh gazov avtonomnogo tyagovogo I motorvagonnogo podvizhnogo sostava normy I metody opredeleniya [Emissions of harmful substances and smoke of the fulfilled gases of independent traction and motorcarload rolling stock. Norms and methods of definition], (2017), Moscow: [in Russian]

14. Stratehichnyi plan rozvytku zaliznychnoho transportu na period do 2021roku, zatv. Nakazom Mnsaterstva infrastruktury Ukrainy vid 21 hrudnia 2015 № 547, 66 p., Kiev [Strategic plan for the development of railway transport for the period up to 2020], (2015), Kiev: [in Ukrainian]

15. Ivanchenko D.A. Udoshkonalennya metodiv vyznachennia- obsyagiv priimalnykh vyprobuvan modernizovanykh teplovoziv. Disertaciya na zdobuttia naukovoogo stupeniu kandidata tekhnichnykh nauk, 177s., Kharkiv,2016 [Ivanchenko D.A. Improvement of methods for definition of acceptance tests volumes of modernized locomotives, the dissertation on getting a scientific degree of the candidate of technical sciences, 177 p., Kharkiv, 2016 [in Ukrainian]

Ю. В. Єжов

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
(ДП «УкрНДІВ»)
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
+38 (05366) 6 12 57, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

Ю. С. Павленко*

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
(ДП «УкрНДІВ»)
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
+38 (05366) 6 12 57, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

С. М. Полулях

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
(ДП «УкрНДІВ»)
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
+38 (05366) 6 12 57, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ПИТАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ МАГІСТРАЛЬНИХ ТЕПЛОВОЗІВ 2TE116 В УКРАЇНІ

Наведено загальні відомості щодо фактичного фізичного та морального стану парку магістральних тепловозів АТ «Українська залізниця», визначено основні напрямки його оновлення, обґрунтовано актуальність питання модернізації тепловозів типу 2TE116, висвітлено історію створення, основні конструктивні особливості та основні технічні характеристики тепловоза 2TE116 та його модифікацій, відомості про виробництво та експлуатацію, наведено загальний вигляд тепловоза 2TE116 та окремих його модифікацій, а також відомості щодо виготовлених у різні роки модифікаціях зазначеного тепловоза та їх конструктивних виконань, обґрунтовано доцільність оновлення парку магістральних вантажних тепловозів АТ «Українська залізниця» шляхом їх модернізації, наведено вдалі приклади спільної комплексної модернізації тепловозів в європейських країнах, в результаті якої країни отримують сучасний рухомий склад з повною заміною внутрішнього обладнання, проаналізовано позитивний досвід модернізації тепловозів 2TE116 протягом останніх років, наведено відомі проекти такої модернізації в Україні та Росії, визначено можливі шляхи модернізації тепловозів 2TE116 в майбутньому за рахунок комплексної модернізації з продовженням терміну експлуатації та обладнанням тепловозів зазначеного типу сучасним обладнанням відомих зарубіжних світових компаній, яке відрізняє висока надійність, довговічність, економічність та продуктивність, із залученням вітчизняних підприємств, які можуть самостійно виготовляти електричні машини, компресори, колісні пари, гальмієне та допоміжне обладнання та інше, запропоновано алгоритм прийняття рішення щодо модернізації тепловоза з продовженням терміну його експлуатації з обґрунтуванням економічної доцільності модернізації та її глибини з

© Єжов Ю.В., Павленко Ю.С., Полулях С.М., 2020

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

використанням результатів технічного діагностування металоконструкцій рами тепловоза та рам його візків, результатів науково-експериментальних досліджень з визначення залишкового ресурсу зазначених елементів.

Ключові слова: вантажний магістральний тепловоз, модернізація, продовження терміну експлуатації, залишковий ресурс металоконструкції.

Ю. В. Ежов

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения» (ГП «УкрНИИВ»)

ул. І. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавської обл., 39621, Україна

+38 (05366) 6 12 57, E-mail: office@ukrdiv.com.ua

Ю. С. Павленко

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения» (ГП «УкрНИИВ»)

ул. І. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавської обл., 39621, Україна

+38 (05366) 6 12 57, E-mail: office@ukrdiv.com.ua

С. Н. Полулях

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения» (ГП «УкрНИИВ»)

ул. І. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавської обл., 39621, Україна

+38 (05366) 6 12 57, E-mail: office@ukrdiv.com.ua

ВОПРОСЫ МОДЕРНИЗАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТЕПЛОВОЗОВ 2ТЭ116 В УКРАИНЕ

Приведены общие сведения о фактическом физическом и моральном состоянии парка магистральных тепловозов АО «Украинская железница», установлены основные направления его обновления, обоснована актуальность вопроса модернизации тепловозов типа 2ТЭ116, освещена история создания, основные конструктивные особенности и основные технические характеристики тепловоза 2ТЭ116 и его модификаций, сведения о производстве и эксплуатации, приведен общий вид тепловоза 2ТЭ116 и его отдельных модификаций, а также сведения об изготовленных в разные годы модификациях данного тепловоза и их конструктивных исполнениях, обоснована целесообразность обновления парка магистральных грузовых тепловозов АО «Украинская железница» путем их модернизации, приведены удачные примеры совместной комплексной модернизации тепловозов в европейских странах, в результате которой страны получают современный подвижной состав с полной заменой внутреннего оборудования, проанализирован положительный опыт модернизации тепловозов 2ТЭ116 за последние годы, приведены известные проекты такой модернизации в Украине и России, определены возможные пути модернизации тепловозов 2ТЭ116 в будущем за счет комплексной модернизации с продолжением срока эксплуатации и оборудованием тепловозов указанного типа современным оборудованием известных зарубежных мировых компаний, которое отличает высокая надежность, долговечность, экономичность и продуктивность, с привлечением отечественных предприятий, которые могут самостоятельно изготавливать электрические машины, компрессоры, колесные пары, тормозное и вспомогательное оборудование и другое, предложен алгоритм принятия решения о модернизации тепловоза с

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

продлением срока его эксплуатации с обоснованием экономической целесообразности модернизации и ее глубины с использованием результатов технического диагностирования металлоконструкций рамы тепловоза и рам его тележек, результатов научно-экспериментальных исследований по определению остаточного ресурса данных элементов.

Ключевые слова: *грузовой магистральный тепловоз, модернизация, продление срока эксплуатации, остаточный ресурс металлоконструкции*

Вступ. Одна з гострих проблем українських залізниць на даний час та в перспективі – це недостатня кількість магістральних тепловозів в експлуатаційному парку. На даний час з поміж іншого типу залізничного рухомого складу магістральні тепловози мають найбільший знос, який станом на кінець 2020 р. склав 99,4 %, в той час, як зношеність маневрових тепловозів – 91,3 %, вантажних вагонів – 89,7 %, дизель-поїздів – 93 %. За оцінками Українського інституту майбутнього, до 2021 року перевищення попиту над пропозицією на локомотивну тягу складе 11 раз [1]. Вже у 2018 році в локомотивній тематиці проявилися ознаки проходження точки неповернення, коли багато підприємств не змогли своєчасно та в повному обсязі вивести вироблену продукцію.

З відкритих джерел інформації [2] відомо, що з 2011 р. оборотність вантажних вагонів АТ «Українська залізниця» збільшилась удвічі, що свідчить про зменшення ефективності роботи АТ «Українська залізниця» в цілому. Основна причина цього – гостра нестача локомотивів.

За даними 2018 року [3], в інвентарному парку АТ «Українська залізниця» знаходяться 609 одиниць магістральних вантажних тепловозів, з них тільки 202 знаходяться в експлуатації.

При цьому на даний час парк магістральних тепловозів в Україні за своїм фізичним та моральним станом знаходиться на межі використання (тобто більшість тепловозів вичерпали свій призначений термін експлуатації, який складає 20 – 25 років), що потребує його часткового або повного оновлення.

Проблему оновлення парку магістральних тепловозів можна вирішувати або за рахунок придбання за кордоном нових сучасних локомотивів (в Україні на даний час локомотиви не виготовляються), або шляхом відновлення їх ресурсу під час проведення капітального (далі – КР) з продовженням терміну служби або капітально-відновлювального ремонту (далі – КВР) з модернізацією та продовженням терміну служби. При цьому основну частину магістральних тепловозів складають тепловози 2ТЕ116 (близько 80 % всього парку). Тому актуальним є питання модернізації саме цього типу тепловозу та його модифікації.

Мета даної статті – навести короткий опис конструктивних особливостей та основних технічних характеристик тепловозів 2ТЕ116 та їх модифікацій, відомості про їх виробництво та експлуатацію, обґрунтувати доцільність оновлення магістральних тепловозів шляхом модернізації, висвітлити позитивний досвід останніх років в питанні модернізації тепловозів зазначеного типу, визначити можливі шляхи модернізації тепловозів 2ТЕ116 в майбутньому та надати загальну схему обґрунтування модернізації тепловоза з продовженням терміну його експлуатації.

1 Історія створення тепловоза 2ТЕ116, призначення, короткий опис конструкції, технічні характеристики, відомості про виробництво та експлуатацію

«Основними напрямками розвитку народного господарства колишнього СРСР на 1976—1980 роки» було передбачено освоєння випуску двосекційних вантажних

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

магістральних тепловозів потужністю 8000 к.с. Прототипом для створення таких локомотивів став тепловоз 2ТЕ116, який започаткував будівництво нового сімейства вантажних магістральних тепловозів, перший екземпляр якого побудували у 1971 році.

Згідно з інформацією, наведеною в [4], магістральний двосекційний тепловоз 2ТЕ116, призначений для водіння вантажних поїздів на залізницях СРСР, був сконструйований тепловозобудівним заводом ім. Жовтневої Революції, м. Ворошиловград (з 2003 р. – ПАТ «Луганськтепловоз») у співпраці з заводами: тепловозобудівним ім. Куйбишева (м. Коломна), транспортного машинобудування ім. Малишева, «Електроважмаш» ім. Леніна, «Електромашина» (м. Харків) і галузевими інститутами тепловозобудування і Міністерства колійного сполучення.

Тепловоз 2ТЕ116 складається з двох однакових однокабінних секцій, які керуються з одного (будь-якого) поста кабіни, і з'єднані автозчепленням СА-3. За потреби кожен секцію можна використовувати як окремий тепловоз. Для переходу з секції в секцію в задній стінці секцій наявні двері та перехідний майданчик, закритий гумовим суфле. Все силове і допоміжне обладнання розташоване в кузові, з тримальною головною рамою.

На тепловозі застосована дизель-генераторна установка (ДГУ) 1А-9ДГ2, яка розташована на середній частині головної рами. ДГУ складається з 16-циліндрового дизеля 1А-5Д49 і синхронного трифазного генератора ГС-501А. На тепловозах до № 728 (за винятком № 715, 717, 720, 725) були встановлені дизель-генератори 1П-9ДГ першого виконання, починаючи з № 728 (1982 р.) – другого виконання (1А-9ДГ2) з дизелями 1А-5Д49-2; останні мають сталеві колінчаті вали з противісими на кожній щоді, блок циліндрів с плоским стиком підвісок, поршні з підвищеною газощільністю, удосконалену систему маслопостачання з двома насосами та інші покращення. Дизель і тяговий генератор змонтовані на єдиній піддизельній рамі зварної конструкції та з'єднані між собою напівжорсткою пластинчастою муфтою. Дизель 5Д49 належить до уніфікованого ряду ЧН26/26, що означає — чотиритактний з газотурбінним наддуванням, діаметр циліндра і хід поршня 260 мм. Управління дизелем — електричне, дистанційне за допомогою встановлених на регуляторі дизеля чотирьох електромагнітів. Електромагніти отримують живлення від контролера машиніста.

Схема електричної передачі — стандартна, змінно-постійного струму. Від синхронного тягового генератора також живляться асинхронні двигуни з короткозамкнутим ротором (АДКЗ) мотор-вентиляторів охолодження обладнання. Над ГС-501А встановлений однофазний синхронний збуджувач ВС-650 і колекторний стартер-генератор КСГ. КСГ виконує провертання дизеля для запуску, отримуючи живлення від акумуляторної батареї, а після запуску працює як генератор, виробляючи постійну напругу 110 В для заряду акумуляторної батареї, живлення кіл управління/освітлення, а також колекторних двигунів (двигунів постійного струму, ДПТ) приводу деяких агрегатів.

Тепловоз має кузов з тримальною головною рамою. Для монтажу і демонтажу обладнання дах кузова виготовлений з п'яти знімних секцій, з них три з вбудованими коробами-повітрязабірниками для очищення повітря, яке після очищення охолоджує тяговий генератор, випрямну установку і тяговий електродвигун.

Застосування роз'ємів в електричній проводці по кузову та ущільнювальних поясів даху дозволяє швидко демонтувати необхідну секцію даху, для швидкого доступу до несправного обладнання. Глушник шумів вихлопних газів з дизеля, також закріплений на знімній секції даху.

На тепловозі наявні мотор-вентилятори (МВ) з приводом від АДКЗ:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- відцентрові МВ тягових двигунів переднього і заднього візка — 2 шт;
- відцентровий МВ охолодження випрямної установки та керованого випрямляча УВВ — 1 шт;
- осьові МВ холодильника води дизеля — 4 шт;

Двигуни вентиляторів холодильника мають зовнішній ротор — статор розташований в центрі двигуна і його полюсні наконечники обернені назовні від осі, а ротор виконаний у вигляді кільця та охоплює статор.

Привід від колекторних двигунів мають:

- мотор-компресор КТ-6Эд, який живить гальмівну систему і пневматичну автоматику — 1 шт, привід — через понижувальний редуктор;
- осьовий мотор-вентилятор витяжної вентиляції кузова — 1 шт;
- шестерний паливопідкачувальний насос — 1 шт;
- шестерний маслопрокачувальний насос. Створює тиск в масляній системі дизеля перед пуском — 1 шт;
- мотор-вентилятор калорифера опалення кабіни — 1 шт.

Основні технічні характеристики тепловоза 2ТЕ116 наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. – Основні технічні характеристики тепловоза 2ТЕ116

| Назва характеристики | Одиниця виміру | Значення характеристики |
|--|----------------|--------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1. Тип | - | вантажний |
| 2. Осьова формула | - | 2*(3 _о – 3 _о) |
| 3. Ширина колії | мм | 1520 |
| 4. Потужність | кВт (к.с.) | 2*2250,6 (2*3060) |
| 5. Службова маса | т | 2*138 |
| 6. Осьове навантаження | кН (тс) | 226 (23) |
| 7. Конструкційна швидкість | км/год | 100 |
| 8. Транспортувальна швидкість | км/год | 120 |
| 9. Мінімальний радіус проходження кривих | м | 125 |
| 10. Діаметр колеса по колу кочення (при середньозношених бандажах) | мм | 1050 |
| 11. Сила тяги тривалого режиму | кН (тс) | 2*255 (2*26) |
| 12. Швидкість тривалого режиму | км/год | 24 |
| 13. Довжина по осям автозчеплення | мм | 2*18150 |
| 14. Ширина | мм | 3080 |
| 15. Висота від головки рейки | мм | 5104 |
| 16. Запас палива | кг | 2*7000 |
| 17. Запас піску | кг | 2*1000 |
| 18. Запас води | кг | 2*1250 |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Закінчення таб. 1

| 1 | 2 | 3 |
|--|--|--------|
| 19. Запас мастила | кг | 2*1000 |
| Інформація про виробництво та експлуатацію | | |
| Підприємство-виробник | ПАТ «Луганськтепловоз» | |
| Роки побудови | з 1971 р. по 2015 р. | |
| Всього побудовано | 2160 одиниць | |
| Країни експлуатування | Росія, Білорусь, Естонія, Латвія, Монголія | |
| Перелік виготовлених модифікацій | 2ТЕ116Г; 2ТЕ116М; 2ТЕ116А; 2ТЕ116У; 2ТЕ116УП; 2ТЕ116УМ; 2ТЕ116УК; 2ТЕ116УД; 2ТЕ116УР | |

Загальний вигляд тепловоза 2ТЕ116, та окремих його модифікацій наведено на рисунках 1 – 7.



Рис. 1. Тепловоз 2ТЕ116

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



Рис. 2. Тепловоз 2ТЕ116Г



Рис. 3. Тепловоз 2ТЕ116У

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



Рис. 4. Тепловоз 2ТЕ116УМ



Рис. 5. Тепловоз 2ТЕ116УП

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



Рис.6. Тепловоз 2ТЕ116УД



Рис.7. Тепловоз 2ТЕ116УР

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Відомості щодо модифікацій тепловоза 2ТЕ116 наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. - Відомості щодо модифікацій тепловоза 2ТЕ116

| Позначення модифікації | Відомості щодо особливостей конструкції |
|------------------------|---|
| 1 | 2 |
| 2ТЕ116Г | Експериментальний тепловоз на газовому паливі, побудований у 1988 р. Складається з трьох секцій — двох дизельних (як на звичайному тепловозі 2ТЕ116) і одної криогенної з газифікатором. На тепловозі застосовується газодизель-генератор 1ГДГ з електронною системою контролю, регулювання і захисту дизеля (СКРДЗ-3), наявні додаткові системи подачі води та газу, управління газовою апаратурою, контролю і захисту, сигналізації, включення газу («щит-2-1»), вентиляції електровідсіків і відсіку газової апаратури, дистанційного відчеплення дизельних секцій від криогенної. |
| 2ТЕ116М | Модифікація тепловоза 2ТЕ116, під час якої встановлене реостатне гальмо, яке потім встановлювалося на серійних модифікаціях 2ТЕ116 і 2ТЕ116У. Особливістю електричної схеми цього тепловоза є збереження живлення асинхронних трифазних електродвигунів допоміжних машин від тягового генератора і під час електричного гальмування, а також управління режимом електричного гальмування за допомогою системи автоматичного регулювання гальмування (САРГ). Система дозволяє, автоматично підтримувати задану швидкість на спусках. |
| 2ТЕ116А | Універсальний тепловоз, який спроектували для максимальної уніфікації з новим тепловозом 2ТЕ121, кузови секцій тепловоза мають суцільну тримальну конструкцію, виготовлені з низьколегованої сталі, а знімні блоки даху зроблені з алюмінієвого прокату. Окремо зібрані кабіни машиніста встановлені в кузовах на гумових амортизаторах. На тепловозах 2ТЕ116А № 001 і 002 були встановлені тягові електродвигуни ЕД-125Б, на тепловозах № 003 і 004 — тягові електродвигуни ЕД-118В. На сьогодні всі машини списані. |
| 2ТЕ116УП | Вантажопасажирська модифікація, єдиний екземпляр, збудований у 1996 р. Потужність дизеля збільшена до 3600 к.с., тепловоз обладнаний реостатним гальмом і системою електроопалення рухомого складу (поїзда). Тяговий агрегат складається з тягового і допоміжного синхронних генераторів, змонтованих в одному корпусі. Допоміжний генератор через випрямляч забезпечує енергопостачання пасажирського поїзда, напругою 3000В постійного струму, потужністю 575 кВт з кожної секції при номінальному режимі. Сила тяги тривалого режиму 2*323 кН (2*33 тс), конструкційна швидкість 120 км/год. |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Закінчення таб. 2

| 1 | 2 |
|----------|---|
| 2TE116У | Модифікація локомотива 2TE116 для РЖД, обладнана новою кабіною (по типу 2TE126/136) зі встановленням кондиціонованого повітря, з реостатним гальмуванням та збільшеною потужністю двигуна до 3600 к.с. і мікропроцесорною системою управління і діагностики (МСУД). |
| 2TE116УМ | Модифікація для Монголії з покращеною системою очищення наддувного повітря і збільшеною потужністю дизелів. Побудовано близько 25 екземплярів. Тепловоз 2TE116У-0062 має збільшену до 4100 к.с. потужність двигунів, у зв'язку з чим змінена задня частина даху секцій. |
| 2TE116УК | Модифікація для ТОВ «ПромТрансМенеджмент», без мікропроцесорної системи управління, потужність 3060 к.с., без кондиціонерів. |
| 2TE116УД | Модифікація з дизелем американського виробництва. Згідно з інформацією в [5], було побудовано 37 одиниць. |
| 2TE116УР | Модифікація з дизелем німецького виробництва. Згідно з інформацією в [5], вказана модифікація розроблялась, але дані про кількість виготовлених одиниць відсутні. |

Згідно з інформацією, наведеною в [4], тепловози 2TE116 експлуатуються в Україні на Південній, Одеській, Донецькій, Південно-Західній, Придніпровській залізницях.

2 Доцільність оновлення парку магістральних вантажних тепловозів АТ «Українська залізниця» шляхом їх модернізації. Вдалий досвід модернізації локомотивів в європейських країнах

Як відомо, 30 нових тепловозів ТЭЗЗАС (тепловоз з електропередачею модель 33 з асинхронним приводом), що були придбані АТ «Українська залізниця» у компанії GE Transportation, восени 2018 р. та у першому кварталі 2019 р. були доставлені в Україну та на даний час експлуатуються на українських залізницях.

Вартість зазначених тепловозів, згідно з інформацією, наведеною в [2], складає 3,9 млн. дол. без ПДВ за одиницю. Крім того, 30 млн. дол. – вартість технічного обслуговування всієї зазначеної партії тепловозів до 2027 р. Невідома також вартість ремонту вказаних тепловозів із заміною їх вузлів та агрегатів. Як показує практика, європейські та американські запчастини коштують у рази дорожче. При цьому ремонтна база нових придбаних тепловозів відсутня, її потрібно буде створювати заново. Тобто нові тепловози – є інвестицією дуже коштовною.

Як вважають окремі експерти (див. [2]), у порівнянні з придбанням нового тепловоза в більшості випадків економічна ефективність модернізації існуючого тепловоза є більшою у 2 – 3 рази. Наприклад, фактична експлуатаційна вагова норма нового тепловоза ТЭЗЗАС складає 3700 т при його вартості 3,9 млн. дол. без ПДВ, а модернізованого тепловоза 2TE116 при вартості модернізації 1,9 млн. дол. – 7200 т.

У країнах колишнього ЄС експлуатується досить багато локомотивів, віком понад 40 років. Вони продовжують працювати і користуються популярністю через

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

свою простоту. Вказана техніка підтримується в хорошому стані шляхом правильної експлуатації, своєчасного технічного обслуговування і модернізацій. Ця робота організована на промислових підприємствах і депо, в рамках залізничних компаній кожної країни.

Ефективність та економічна доцільність модернізації тягового рухомого складу переконливо доведена світовою практикою. За інформацією [2], країни Східної Європи активно купують списані в Україні локомотиви для проведення їх модернізації, і, таким чином, збільшують свій локомотивний парк.

За останні 10 років компанія GE Transportation модернізувала більше ніж 2 тис. локомотивів для майже 30 клієнтів з різних країн. З 2015 року програма модернізації локомотивів вказаної компанії збільшилась у 20 разів. Окремі локомотиви, що проходять модернізацію на підприємствах GE Transportation, відпрацювали вже 25 років. Після модернізації вони можуть експлуатуватися ще 20 років.

Багато країн йдуть шляхом збереження у робочому локомотивному парку тепловозів старої побудови.

Заслугує уваги успішний приклад спільної комплексної модернізації 6-ти американських шестивісних тепловозів С30, виробництва компанії General Electric Company (GE Transportation) естонським оператором вантажних залізничних перевезень AS Operail та чеською компанією CZ Loko [6].

За умовами контракту 2020 р. AS Operail придбає у CZ Loko шість комплектів обладнання для проведення вказаної модернізації. Комплектуючі для модернізації 6-ти тепловозів мають бути поставлені в Естонію до початку 2021 року. Елементи конструкції тепловозів (капот, кабіна, блок управління, система охолодження, гальмівна система) виробляються на заводі CZ Loko в Йиглаві (Чехія), дизель моделі CAT 3512C HD постачається компанією Caterpillar Inc (США), а тяговий генератор моделі 1FC2 631-6B029T компанії Siemens AG (Німеччина). В цехах компанії Operail у місті Тапа (Естонія) старі тепловози розбирають, виконують капітальний ремонт візків та головної рами, відбувається фінальна збірка.

Згаданий контракт – це не перший досвід плідної співпраці AS Operail та CZ Loko. У 2019 р. був реалізований контракт з модернізації 4-х таких тепловозів, раніше – ще 3-х.

Модернізовані тепловози С30-М призначені для важких маневрових робіт на залізничних коліях 1520 мм. Встановлений дизель CAT 3512C HD має потужність 1550 кВт. Конструкція тепловоза С30-М на відміну від конструкції тепловоза С30 відрізняється висотою капоту, вага тепловоза 138 т, навантаження на вісь – 23 т, передача електрична змінно/постійного струму.

За інформацією [6], у 2019 р. один з модернізованих тепловозів AS Operail був поставлений в Україну для виконання робіт на коліях промислових підприємств («ДТЕК «Павлоградвугілля», ДП «Морський Торгівельний Порт «Південний»).

Також цікавим є досвід естонської компанії Skinst Rail [7], яка займається ремонтом та модернізацією локомотивів, а також здачею їх в оренду. Зазначена компанія співпрацює як з приватними власниками, так і з державними компаніями, наприклад з німецькою Deutsche Bahn.

В рамках такої співпраці у 2017 році Даугавпилський локомотиворемонтний завод (входить до структури Skinst Rail) підписав договір про співробітництво з Deutsche Bahn в частині виконання КР тепловозам серії BR233 (виготовлялись Виробничим об'єднанням «Ворошиловградтепловоз», Луганськ, Україна, у 1970 роках як тепловози серії TE109). Тепловоз серії BR233 – магістральний вантажопасажирський односекційний 6-вісний тепловоз потужністю 3000 к.с. до даного часу вважається в Польщі та Німеччині одним з самих надійних та дешевих в експлуатації.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

3 Відомі проекти модернізації тепловозів 2ТЕ116 в Україні, Росії та можливі шляхи модернізації тепловозів 2ТЕ116 сьогодні та в майбутньому

За інформацією [8], в Україні за участю СП «Полтавське проектно-конструкторсько-технологічного бюро по ремонту локомотивів» (ПКТБ РЛ) філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця» для підвищення ефективності тепловозів 2ТЕ116 у поїзній роботі, рівня безпеки їх руху, поліпшення умов праці локомотивних бригад, поліпшення екологічних показників та зниження витрат палива було розроблено ряд проектів модернізації, які на даний час пройшли перевірку на практиці.

В числі зазначених проектів слід відзначити такі, що дозволили вирішити найбільш значні проблеми вказаних тепловозів в експлуатації:

1. Новітній електронний регулятор частоти обертів дизеля тепловоза 2ТЕ116 «СУДМ-01», який застосовується на заміну регулятора числа обертів типу 7РС. У 2000 році зазначений регулятор успішно пройшов випробування. Його висока надійність в експлуатації, за рахунок заміни складної механіки на електроніку, стабільність та плавність регулювання частоти обертів колінчатого вала дизеля під навантаженням та при змінах робочих режимів, вигідно відрізняє електронний регулятор «СУДМ-01» від штатного регулятора типу 7РС.

2. Однією з проблем виробничих підрозділів локомотивного господарства АТ «Українська залізниця» є механічні ушкодження (задіри) шатунних та корінних шийок колінчатих валів дизелів 1А-5Д49-2, які виникають внаслідок недотримання термінів та технології планово-попереджувальних ремонтів тепловозів 2ТЕ116 за час експлуатації. Було перевірено багато різних методів щодо відновлення робочих поверхонь шийок колінчатих валів, але за результатами випробувань різних дослідних зразків до впровадження було відібрано лише два методи:

- метод дискретного зміцнення робочих поверхонь шийок колінчатих валів, виготовлених з чавуну та сталей, що підвищує їх зносостійкість і ремонтпридатність у порівнянні з іншими методами;

- метод електродугової металізації поверхонь, що зношуються, застосовується для відновлення робочих шийок колінчатих валів дизелів.

Але, на жаль, дані методи відновлення поверхонь шийок колінчатих валів дизелів типу Д49 широкого застосування в Україні не знайшли.

3. Для підвищення ефективності очищення дизельної оливи, що значно зменшує знос деталей шатунно-поршневої групи, розподільчих валів, підшипників ковзання дизеля та підвищує його загальний моторесурс, була проведена модернізація з установлення на кожну секцію тепловоза фільтрів очищення оливи типу 6.46, з автоматичним самоочищенням, що дає можливість замінити штатні фільтри грубого очищення оливи (встановлені на дизелі) та фільтри тонкого очищення оливи (встановлені в дизельному приміщенні) на сучасні.

4. Для покращення якості очищення робочого повітря, яке сприятливо впливає на роботу шатунно-поршневої групи, зменшення опору повітряному потоку на вході в дизель та покращення його забезпечення повітрям, розроблено модернізацію повітряних фільтрів, з установлення трьохступеневої системи очищення повітря дизеля на заміну існуючої штатної двоступеневої системи очищення.

5. Для забезпечення економії дизельного палива й зменшення його витрат при експлуатації тепловоза, особливо у зимовий період, розроблено модернізацію тепловоза з встановленням підігрівачів охолоджувальної рідини дизеля, фірми «АСТ-ЛООС 116/50».

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

6. З метою підвищення надійності роботи в експлуатації системи трубопроводів силової установки тепловоза розроблено їх модернізацію з заміною штатних рухомих (телескопічних) з'єднань водяних трубопроводів дизеля на гнучкі еластичні муфти типу «FLEXMASTER».

7. Застосування зашійників з матеріалу «AF 400» на дизелях 5Д49 дозволяє збільшити строк їх експлуатації, у порівнянні зі штатними, до наступного капітального ремонту, а також забезпечити якісну герметизацію гідравлічних систем дизеля. Застосування зашійників з матеріалу «AF 400» також зменшує рівень викидів у навколишнє природне середовище.

8. Застосування на тепловозах у системі пуску дизеля конденсаторів великої ємності забезпечує нормальний пуск двигуна від штатної акумуляторної батареї, ємність якої може складати від 20 % до 30 % щодо номінальної та забезпечує можливість скорочення роботи дизеля на холостому ході, що дає значну економію дизельного палива. Крім того, у разі встановлення нової акумуляторної батареї збільшується ресурс її роботи.

9. Проведення модернізації колісно-моторного блоку (КМБ), шляхом заміни моторно-осьових підшипників (МОП) ковзання на МОП кочення, яка знижує експлуатаційні витрати життєвого циклу тепловоза.

Заслужовують на увагу наступні проекти модернізації тепловоза 2ТЕ116, розроблені ПКТБ ЦТ:

1. Проект Т1995.00.00 «Оборудование тепловоза 2ТЭ116 для работы в трехсекционном исполнении».

Даним проектом передбачено обладнання тепловоза 2ТЕ116 для роботи в трьохсекційному виконанні з прохідною секцією з метою забезпечення можливості водіння поїздів підвищеної маси та довжини без збільшення чисельності локомотивних бригад.

2. Проект Т1933.00.00 «Разработка усовершенствованного комплекта оборудования для тепловозов 2ТЭ116 и рациональной системы ТО и ТР с целью сокращения эксплуатационных расходов».

Дана робота виконувалась за планом науково-технічного розвитку ВАТ «РЖД» спільно з головним виконавцем з комплексної модернізації тепловозів 2ТЕ116 з використанням вузлів та деталей DB Systemtechniks - ВАТ «ВНИИЖТ».

3. Проект «Установка светодиодных приборов».

Проект передбачає встановлення світлодіодних приборів, які забезпечують суттєве скорочення споживання електроенергії у порівнянні з лампами розжарювання.

4. Проекти з обладнання тепловозів 2ТЕ116 реєстраторами параметрів роботи тепловоза та обліку дизельного палива.

Система реєстрації, аналізу параметрів роботи тепловоза та обліку дизельного палива призначена для вимірювання в автоматичному режимі на борту тепловоза параметрів його роботи, а також для обліку дизельного палива в баку тепловоза та його витрати з подальшим аналізом отриманих даних та видачею рекомендацій щодо поліпшення теплотехнічного стану тепловоза, оптимізації його завантаження та зміни норм витрати дизельного палива.

Водночас необхідно відмітити, що дані проекти модернізації ПКТБ ЦТ тепловоза 2ТЕ116 базуються на подальшому використанні дизелів типу 1А-5Д49-2, тобто без заміни існуючої дизель-генераторної установки.

Що стосується можливих шляхів дійсної модернізації тепловозів 2ТЕ116 сьогодні та в майбутньому, то слід надавати перевагу комплексної модернізації з продовженням терміну експлуатації та обладнанням зазначених тепловозів дизель-генераторними установками виробництва таких зарубіжних світових компаній як

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Caterpillar, Wabtec, Cummins - одними з головних виробників дизельних двигунів в світі, які відрізняє висока надійність, довговічність, економічність та продуктивність. Зазначені компанії могли б поставляти в Україну тягову установку (а можливо тільки сам дизель) та систему управління, а вітчизняні підприємства, такі як завод ДП «Електроважмаш», ПАТ «НВП «Смілянський електромеханічний завод», ПАТ «ІНТЕРПАЙП НТЗ», ТОВ «ПОЛТАВСЬКИЙ КОМПРЕСОРНИЙ ЗАВОД» можуть самостійно виготовляти електричні машини (головні генератори, електродвигуни), компресори, колісні пари, допоміжне обладнання, елементи гальмівної передачі та інше.

Так працюють європейські залізниці. За інформацією [1], залізниці Прибалтики та Угорщини для модернізації старих тепловозів типу М62 (які експлуатуються і в Україні) укладають контракти з компанією Caterpillar на встановлення нових потужних тягових систем. В Чехії на тепловози 2М62 встановлюють дизелі MTU (Німеччина) та здійснюють зміну дизайну кузова тепловоза та кабін машиністів. В Польщі старі М62 переобладнають в сучасний рухомий склад з повною заміною внутрішнього обладнання.

Слід враховувати, що в Україні виробляються всі ключові компоненти локомотивів, крім дизельних двигунів і тягових перетворювачів. Але і це питання часу та бажання. За кошти, витрачені на придбання одного тепловоза GE TE33AC, можна провести глибоку модернізацію трьох найбільш затребуваних на залізницях магістральних тепловозів 2TE116. Крім того, немає необхідності закуповувати обладнання, інструмент та оснащення для ТО і КР, можливе використання наявної інфраструктури. Роботи з модернізації можна організувати паралельно на декількох ремонтних заводах за єдиним проектом або однотипними проектами.

При цьому, як вважають експерти, проблемне питання з магістральними тепловозами в Україні можна вирішити за два – три роки. Засоби для проведення таких робіт, за інформацією [1] пропонував Німецький банк KfW ще у 2016 році в розмірі 60 млн. євро. При цьому, заходи з контролю за цільовим використанням фінансів були досить жорсткі. Але, на жаль, профільне міністерство та керівництво АТ «Українська залізниця» у той час відхилили цю пропозицію.

Вищевикладене свідчить про те, що для України у її важкому економічному стані при оновленні парку магістральних тепловозів пріоритетним повинне бути не придбання зарубіжного рухомого складу, а покупка передових зарубіжних та вітчизняних технологій, сучасних комплектуючих для використання їх під час модернізації існуючого тягового рухомого складу, у т.ч. магістральних тепловозів 2TE116.

4 Обґрунтування рішення про модернізацію тепловоза з продовженням терміну його експлуатації

Рішення про модернізацію магістрального тепловоза, в т.ч. 2TE116, повинно мати обґрунтування її економічної доцільності та глибини.

Враховуючи те, що основними несучими елементами металоконструкції тепловоза 2TE116 являються його рама та рами його візків, в першу чергу, слід визначити залишковий ресурс зазначених елементів, який визначається за результатами спеціальних науково-експериментальних досліджень, які мають назву «Технічне діагностування металоконструкцій тепловоза».

Вказане технічне діагностування повинно включати:

- обстеження технічного стану металоконструкції рами кузова тепловоза та рам його візків з використанням методів та засобів неруйнівного контролю;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- проведення ресурсних випробувань зразка кузова тепловоза аналогічного типу та періоду побудови.

Завданням обстеження технічного стану рам тепловозів та рам їх візків є виявлення пошкоджень та несправностей металоконструкцій зазначених елементів, а також визначення фактичних мінімальних значень їх товщини.

Завданням ресурсних випробувань є дослідження міцності рами кузова зразка тепловоза аналогічного типу і періоду побудови та експериментальне визначення його залишкового ресурсу.

Обстеження технічного стану рам тепловозів та рам їх візків включає:

обстеження технічного стану металоконструкцій візуально-оптичним методом з метою визначення місць механічних пошкоджень, їх характеру та геометричних параметрів;

виявлення дефектів в елементах металоконструкцій, які неможливо виявити візуально-оптичним методом, іншими методами неруйнівного контролю (магнітопорошковим, капілярним або іншими);

визначення ступеня корозійного пошкодження основних несучих елементів металоконструкцій.

Ресурсні випробування має проводити випробувальний центр, акредитований в Національному агентстві з акредитації України (далі – НААУ) на право проведення таких випробувань.

За результатами обстеження технічного стану металоконструкцій тепловоза визначають ступінь корозійного пошкодження його елементів шляхом порівняння фактичних та номінальних товщин, проводять аналіз виявлених несправностей з метою визначення виду ремонту, при якому виявлені несправності можуть бути усунуті. Аналіз проводять відповідно до вимог чинних нормативних документів, керівництв та правил поточного та капітального ремонтів.

За результатами ресурсних випробувань встановлюється залишковий ресурс металоконструкції тепловоза аналогічного типу та періоду побудови.

Визначення залишкового ресурсу рами кузова тепловоза, який пройшов технічне діагностування, виконують експертним методом з урахуванням наступного:

- відсутність (або наявність) пошкоджень рами кузова, за наявності яких тепловоз підлягає виключенню з інвентарного парку;
- можливість усунення виявлених пошкоджень під час ремонту;
- міцність та залишковий ресурс металоконструкції рами зразка кузова тепловоза аналогічного типу та років побудови за результатами ресурсних випробувань;
- залишковий ресурс рами кузова тепловоза за ступенем корозійних пошкоджень.

Визначений експертним методом залишковий ресурс рами кузова тепловоза є підставою не тільки для продовження терміну його експлуатації, але і для вирішення питання доцільності та глибини його модернізації.

Тільки після проведення тепловозу технічного діагностування за вищезазначеною схемою рішення про його модернізацію з продовженням терміну експлуатації можна вважати обґрунтованим.

Висновки.

1. На даний час парк магістральних тепловозів в Україні за своїм фізичним та моральним станом знаходиться на межі використання, що потребує його часткового або повного оновлення, при цьому в цілому по АТ «Українська залізниця» спостері-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

гається гостра нестача тягового рухомого складу, що веде до зменшення ефективності роботи АТ «Українська залізниця» в цілому.

2. Проблему оновлення парку магістральних тепловозів можна вирішувати або за рахунок придбання за кордоном нових сучасних локомотивів (в Україні на даний час локомотиви не виготовляються), або шляхом відновлення їх ресурсу під час проведення капітального (далі – КР) з продовженням терміну служби або капітально-відновлювального ремонту (далі – КВР) з модернізацією та продовженням терміну служби.

3. Ефективність та економічна доцільність модернізації існуючого тягового рухомого складу, у порівнянні з придбанням нового, переконливо доведена світовою практикою. Країни Східної Європи активно купують списані в Україні локомотиви для проведення їх модернізації, і, таким чином, збільшують свій локомотивний парк. Багато країн йдуть шляхом збереження у робочому локомотивному парку тепловозів старої побудови.

4. Заслугує уваги успішний приклад спільної комплексної модернізації 6-ти американських шестивісних тепловозів С30, виробництва GE естонським оператором вантажних залізничних перевезень AS Operail та чеською компанією CZ Loko, а також досвід естонської компанії Skinest Rail в частині виконання КР тепловозам серії BR233 (виготовлялись ПАТ «Луганськтепловоз» у 1970 роках як тепловози серії TE109 – попередник тепловоза 2TE116).

5. В Україні за участю СП «Полтавське проектно-конструкторсько-технологічного бюро по ремонту локомотивів» (ПКТБ РЛ) для підвищення ефективності тепловозів 2TE116 у поїзній роботі, рівня безпеки їх руху, поліпшення умов праці локомотивних бригад, поліпшення екологічних показників та зниження витрат палива було розроблено більше 10-ти проектів модернізації, які на даний час пройшли перевірку на практиці.

6. Під час модернізації тепловозів 2TE116 як сьогодні, так і в майбутньому, слід надавати перевагу комплексній модернізації з продовженням терміну експлуатації та обладнанням зазначених тепловозів дизель-генераторними установками виробництва таких зарубіжних світових компанії як Caterpillar, Wabtec, Cummins, які могли б поставляти в Україну тягові установки (або тільки самі дизелі) та системи управління. Все інше (електричні машини, компресори, колісні пари, допоміжне обладнання, елементи гальмівної передачі) можуть самостійно виготовляти українські підприємства. В подальшому необхідно зосередити дослідження в напрямку обґрунтування доцільності виконання поліпшеної модернізації та її глибини з урахуванням результатів технічного діагностування металоконструкції рами тепловоза та рам його візків, визначення залишкового ресурсу металоконструкцій.

7. Враховуючи те, що в Україні виробляються майже всі ключові компоненти локомотивів (крім дизельних двигунів і тягових перетворювачів), наявна необхідна інфраструктура та виробничі потужності для КР та КВР тепловозів, роботи з модернізації тепловозів 2TE116 можна організувати паралельно на декількох ремонтних заводах за єдиним проектом або однотипними проектами.

8. Для України у її важкому економічному стані при оновленні парку магістральних тепловозів пріоритетним повинне бути не придбання зарубіжного рухомого складу, а покупка передових зарубіжних і вітчизняних технологій, сучасних комплектуючих для використання їх під час модернізації існуючого тягового рухомого складу, у т.ч. магістральних тепловозів 2TE116. Модернізація магістральних тепловозів 2TE116 може суттєво допомогти зняти гостроту проблеми з локомотивною тягою в Україні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Чи може Україна випускати сучасні локомотиви [електронний ресурс] – Режим доступу: railexpro.ua.com > [povnyy](http://railexpro.ua.com/povnyy), 05/02/2019.
2. Модернизация vs закупка. Как эффективнее закрыть потребность в локомотивах [електронний ресурс] – Режим доступу: cfts.org.ua > [articles](http://cfts.org.ua/articles) >, 11/02/2020.
3. Стало известно, сколько магистральных тепловозов у "Укрзализныци" на ходу [електронний ресурс] – Режим доступу: cfts.org.ua > [news](http://cfts.org.ua/news), 03/03/2018.
4. Тепловоз 2TE116 – Вікіпедія [електронний ресурс] – Режим доступу: uk.wikipedia.org > [wiki](http://uk.wikipedia.org/wiki) >
5. Дела текущие [електронний ресурс] – Режим доступу: mikul-a.livejournal.com >, 05/03/2014.
6. Эстонский Orgraif и чешская CZ Loko модернизируют еще 6 американских тепловозов [електронний ресурс] – Режим доступу: cfts.org.ua > [news](http://cfts.org.ua/news) > 14/01/2020.
7. В Германии, Польше и странах Балтии жд операторы идут по пути модернизации локомотивов, - эксперты [електронний ресурс] – Режим доступу: cfts.org.ua > [news](http://cfts.org.ua/news) > 12/02/2020.
8. Матяш В. О. Підвищення ефективності роботи тепловоза серії 2TE116 шляхом його модернізації / В. О. Матяш, М. М. Бова // Залізничний транспорт України. 2018. № 1. С. 57-63. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZTU_2018_1_11.
9. Модернизация тягового подвижного состава [електронний ресурс] – Режим доступу: www.pkbcot.ru > [services](http://www.pkbcot.ru/services) >

Yu. V. Yezhov

State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute (DP "UkrNDIV")
33, I. Prikhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
+38 (05366) 6 12 57, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

Yu. S. Pavlenko

State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute (DP "UkrNDIV")
33, I. Prikhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
+38 (05366) 6 12 57, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

S. M. Poluliakh

State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute (DP "UkrNDIV")
33, I. Prikhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
+38 (05366) 6 12 57, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

CONSIDERATIONS ON MODERNIZATION OF 2TE116 DIESEL LOCOMOTIVES IN UKRAINE

The paper presents the general information on the actual physical and moral condition of main locomotives fleet of JSC "Ukrainian Railways", the main directions of its renewal are determined, the urgency of modernization of locomotives type 2TE116 is substantiated, the history of construction, main design features and main technical characteristics of locomotive 2TE116 and its modification, information on the production and operation are specified, the general view of the locomotive 2TE116 and its individual modifications is shown, as well as information on the modifications of the above-mentioned locomotive constructed in different years and their designs are presented, the feasibility of renovation of the fleet of main freight locomotives JSC "Ukrainian Railways" by their modernization is substantiated, successful examples of joint complex modernization of locomotives in European countries resulting into the situation when countries receive mod-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

ern rolling stock with completely replaced internal equipment are introduced, the positive experience of modernization of 2TE116 locomotives during the last years is analyzed, the known projects of such modernization in Ukraine and Russia are described. Possible ways of modernization of 2TE116 diesel locomotives in the future due to complex modernization with prolongation of service life and equipment of locomotives of the specified type with modern facilities of known foreign world companies which provide high reliability, durability, economy and productivity with the involvement of domestic enterprises that can independently manufacture electric machines, compressors, wheel sets, braking and auxiliary equipment, etc. are defined. The paper suggests the algorithm of decision-making on modernization of the locomotive with prolongation of its operation accompanied by substantiation of economic expediency of modernization and its scope, using results of technical diagnostics of metal structure of the locomotive frame and bogie frames, results of scientific and experimental researches on definition of residual resource.

Keywords: main-line diesel locomotive, modernization, extension of service life, residual life of metal structure

REFERENCES

1. Can Ukraine produce modern locomotives [Chy mozhe Ukrayina vypuskaty suchasni lokomotyvy [electronic resource] – Available at: railexp.ua.com ›novyny, 5 February, 2019.
2. Modernizaciya vs zakupka. Yak efektyvnishe zakryty potrebu v lokomotyvah. [Modernization vs purchase. How to more effectively close the need for locomotives] [electronic resource] - Available at: cfts.org.ua ›articles, 11 February, 2020.
3. Stalo vidomo, skilky mahistralnykh teplovoziv v "Ukrzaliznytsi" na khodu [It has become known how many main locomotives of Ukrzaliznytsia is running] [electronic resource] - Available at: cfts.org.ua ›news, 3 March, 2018.
4. Teplovoz 2TE116 [Diesel locomotive 2TE116] - Wikipedia [electronic resource]. Available at: uk.wikipedia.org
5. Spravy potochni [Current affairs] [electronic resource] Available at: mikul-a.livejournal.com , 5 March, 2014.
6. Estonskii Operail i cheskska CZ Loko modernizuiut shche 6 amerikanskykh teplovoziv [Estonian Operail and Czech CZ Loko upgrade 6 more American locomotives] [electronic resource] Available at: cfts.org.ua ›news, 14 January, 2020.
7. U Nimechchyni, Polshchi ta krainakh Baltii zh/d operatory idut po shliakhu modernyzatsii lokomotyviv, - eksperty [In Germany, Poland and the Baltic States, railway operators are on the path of modernization of locomotives, experts] [electronic resource] - Available at: cfts.org.ua ›news, 12 February, 2020.
8. Matiash V.O. (2018), «Pidvyslchennia efektyvnosti roboty teplovoza serii 2TE116 shliakhom iogo modernyzatsii» [Improving the efficiency of the locomotive series 2TE116 through its modernization], Railway Transport of Ukraine, 1.
9. Modernyzatsiia tyiagovogo rukhomogo skladu [Modernization of traction rolling stock] [electronic resource]. Available at: www.pkbct.ru ›services).

М.О. Багров*

Державне підприємство „Український науково - дослідний інститут вагонобудування”
(ДП «УкрНДІВ»)
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
+38 (05366) 6 02 50 E-mail: lab9@ukrndiv.com.ua

І.В. Гладких

Державне підприємство „Український науково - дослідний інститут вагонобудування”
(ДП «УкрНДІВ»)
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
+38 (05366) 6 01 42 E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ПРИВАТНИЙ ТЯГОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД НА МАГІСТРАЛЬНИХ КОЛІЯХ. ОСОБЛИВОСТІ СЕРТИФІКАЦІЇ ПРИВАТНИХ ЛОКОМОТИВІВ

В статті описано процедури сертифікації приватних локомотивів з метою допуску їх до роботи на окремих маршрутах на залізничних коліях загального користування. Особливість сертифікації є те, що, як правило, локомотиви, які належать відомствам, підприємствам та організаціям, що не відносяться до сфери управління АТ «Укрзалізниця» і раніше не використовувалися на коліях загального користування України, а зараз пред'являються для участі в проекті, можуть бути кількох типів, різних років побудови, мати різні напрацювання по дизелю (мотогодин), різні ступені зносу механічної частини несних конструкцій, колісних пар, візків, автоточених пристроїв, гальмівного обладнання, різний технічний стан вимірювальних приладів, запобіжних пристроїв та повітряних резервуарів, приладів безпеки тощо. Тому в статті описані заходи схем (моделей) сертифікації, що можуть застосовуватися органом з сертифікації для сертифікації одиночних локомотивів та партій приватних локомотивів, та їх особливості. Також приведені основні нормативні документи, відповідно до яких здійснюються процедури сертифікації. Приведено основні моменти проведення випробувань з метою сертифікації локомотивів, які не є новими. Описано обсяг робіт з технічного діагностування локомотивів з метою сертифікації. Наведено порядок та тривалість безпосереднього процесу сертифікації з урахуванням аналізування документації, технічного діагностування, підготовки експертних висновків, відбору та ідентифікації зразка (зразків) типового представника із партії, пред'явленої для відбору, проведення випробувань з метою сертифікації, обробки та оформлення результатів випробувань, комплексного висновку про відповідність локомотива вимогам нормативних та технічних документів, прийняття рішення про можливість (або неможливість) видачі сертифіката

Ключові слова: сертифікація, локомотиви, норми Європейського союзу, ДСТУ, приватний парк, АТ «Укрзалізниця», технічне діагностування, випробування.

© Багров М.О., Гладких І.В., 2020

Н.А. Багров

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения» (ГП «УкрНИИВ»)
ул. І. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавської обл., 39621, Україна
+38 (05366) 6 02 50 E-mail: lab9@ukrindiv.com.ua

И.В. Гладких

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения» (ГП «УкрНИИВ»)
ул. І. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавської обл., 39621, Україна
+38 (05366) 6 01 42 E-mail: office@ukrindiv.com.ua

ЧАСТНЫЙ ТЯГОВЫЙ ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ПУТЯХ. ОСОБЕННОСТИ СЕРТИФИКАЦИИ ЧАСТНЫХ ЛОКОМОТИВОВ

В статье описано процедуры сертификации частных локомотивов с целью допуска их к работе на отдельных маршрутах на железнодорожных путях общего пользования.

Особенностью сертификации является то, что, как правило, локомотивы, принадлежащих ведомствам, предприятиям и организациям, не относящимся к сфере управления АО «Укрзалізниця» ранее не использовались на путях общего пользования Украины, а сейчас предъявляются для участия в проекте, могут быть нескольких типов, разных годов постройки, иметь различные наработки по дизелю (мотор-часов), различные степени износа механической части несущих конструкций, колесных пар, тележек, автосцепных устройств, тормозного оборудования, разное техническое состояние измерительных приборов, предохранительных устройств и воздушных резервуаров, приборов безопасности и тому подобное. Поэтому в статье описаны возможные схемы (моделей) сертификации, которые могут применяться органом по сертификации для сертификации одиночных локомотивов и партий частных локомотивов и их особенности. Также приведены основные нормативные документы, в соответствии с которыми осуществляются процедуры сертификации. Приведены основные моменты проведения испытаний с целью сертификации локомотивов, которые не являются новыми. Описан объем работ по техническому диагностированию локомотивов с целью сертификации. Приведен порядок и продолжительность непосредственного процесса сертификации с учетом анализа документации, технического диагностирования, подготовки экспертных заключений, отбора и идентификация образца (образцов) типичного представителя из партии, предъявленной для отбора, проведения испытаний с целью сертификации, обработки и оформления результатов испытаний, комплексного заключения о соответствии локомотива требованиям нормативных и технических документов, приятии решения о возможности (или невозможности) выдачи сертификата.

Ключевые слова: сертификация, локомотивы, нормы Европейского союза, ДСТУ, частный парк, АО «Укрзалізниця», техническая диагностика, испытания.

На сьогодні локомотивний парк АТ «Укрзалізниця» становить 3871 одиниць.

При цьому знос парку електровозів складає майже 95 %, знос парку тепловозів – 99 %. Загальний вигляд електровоза та тепловоза, які мають найбільшу частку у локомотивному парку АТ «Укрзалізниця» представлено на рис.1.



Рис. 1. Представлено електровоз ВЛ80 та тепловоз 2ТЕ116

Зменшення експлуатаційного парку локомотивів призводить як до зменшення обсягів перевезень, так і до погіршення показників використання вантажних вагонів.

Проблема розвитку залізничного парку тягового рухомого складу є актуальною для України. Існуючі методи тягового забезпечення перевезення вантажів залізничним транспортом формувалися для умов, коли залізниця є одночасно і перевізниками, і операторами інфраструктури. В сучасних умовах ці методи при впровадженні послуг приватних перевізних компаній на транспортному ринку потребують удосконалення.

Згідно з підписаною Угодою про асоціацію Україна взяла на себе зобов'язання імплементації норм Європейського Союзу до свого законодавства, зокрема Директив Європейського Союзу щодо організації ринку залізничних перевезень.

Зважаючи на те, що одним з основних принципів організації цього ринку є формування конкурентного сектору у сфері залізничних перевезень, Україна має зовнішні зобов'язання щодо організації допуску незалежних перевізників до магістральної залізничної інфраструктури [1].

До недавнього часу в Україні приватні локомотиви використовувалися тільки на залізничних коліях промислових підприємств та, у виключних випадках, після проходження процедури згідно з вимогами «Порядку надання допуску локомотивам, що належать відомствам, підприємствам та організаціям, які не відносяться до сфери управління АТ «Укрзалізниця» для можливості їх роботи на коліях станцій примикання АТ «Укрзалізниця», затвердженого 19.12.2018 р. [2], та отримання відповідного дозволу.

За оцінками із відкритих джерел інформації, тяговий приватний парк нараховує 2,5 тис. одиниць, з яких 996 локомотивів допущені на магістральні залізниці для вивезення промислових вантажів до станцій, а вдвічі більше задіяно в маневровій роботі локомотивів УЗ. Решта використовується всередині підприємств чи кар'єрів.

Постановою Кабінету Міністрів України від 04.12.2019 р. № 1043 «Про реалізацію експериментального проекту щодо допуску приватних локомотивів до роботи окремими маршрутами на залізничних коліях загального користування» [3]. Наказом Міністерства Інфраструктури України від 04.03.2020 р. № 191 «Про затвердження Тимчасового положення про порядок допуску приватних локомотивів до

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

роботи окремими маршрутами на залізничних коліях загального користування» [4] визначені умови допуску приватного тягового рухомого складу до роботи на окремих маршрутах на залізничних коліях загального користування (далі – «Положення»).

В розділі III «Положення» встановлені вимоги до рухомого складу заявників на участь в експериментальному проєкті, а саме

«3.1. Приватні локомотиви допускаються для роботи на коліях загального користування у разі наявності:

- сертифікату або декларації про відповідність рухомого складу залізничного транспорту вимогам Технічного регламенту безпеки рухомого складу залізничного транспорту, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 30 грудня 2015 року № 1194 (окрім пункту 16) - щодо рухомого складу, побудованого після 30 грудня 2015 року;
- інших сертифікатів відповідності рухомого складу залізничного транспорту, виданих органами з оцінки відповідності, які визнаються в Україні - щодо рухомого складу, побудованого до 30 грудня 2015 року.

У разі, коли заявником планується використання у експериментальному проєкті приватних локомотивів, що раніше не використовувались на коліях загального користування України, допуск на колії загального користування можливий за умови отримання сертифікату відповідності виданого органом з оцінки відповідності (органом з сертифікації), акредитованим Національним агентством з акредитації України (НААУ) відповідно до Закону України «Про акредитацію органів з оцінки відповідності» та включеним в Реєстр організацій, які визнані Радою щодо залізничного транспорту держав-учасниць Співдружності з урахуванням вимог ДСТУ EN ISO/IEC 17065:2014 (ISO/IEC 17065:2012, IDT), оформленого на бланку органу з оцінки відповідності за встановленою ним формою» [4].

На цей час, в Україні не діє процедура оцінки відповідності продукції вимогам Технічного регламенту безпеки рухомого складу залізничного транспорту, тому приватні локомотиви повинні пройти процедуру сертифікації на відповідність вимогам чинних в Україні нормативних документів.

Таким чином, на порядку денному для участі в експериментальному проєкті становиться питання здійснення сертифікації приватного рухомого складу.

Орган з сертифікації продукції вагонобудування **ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА «УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ВАГОНБУДУВАННЯ»** (ОС ПВ ДП «УкрНДІВ», далі – орган з сертифікації) відповідає критеріям, зазначеним в розділі III «Положення», а саме, акредитований НААУ та включений в Реєстр організацій, які визнані Радою щодо залізничного транспорту держав-учасниць Співдружності, тобто має можливість здійснювати сертифікацію приватних локомотивів для їх участі в експериментальному проєкті.

Сертифікація тягового рухомого складу, якщо інше не встановлено відповідним департаментом Укрзалізниці, здійснюється на відповідність вимогам основних нормативних та технічних документів, які наведені нижче:

- ДСТУ ГОСТ 31187:2018 (ГОСТ 31187-2011, IDT) «Тепловози магістральні. Загальні технічні вимоги» [5];
- ГОСТ 31187-2011 «Тепловозы магистральные. Общие технические требования» [6];
- ГОСТ 25463-82 «Тепловозы магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические требования» [7];
- ДСТУ ГОСТ 25463:2019 «Тепловози магістральних залізниць колії 1520 мм. Загальні технічні вимоги» (ГОСТ 25463-2001, IDT) [8];

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- ГОСТ 12.2.056-81 «Система стандартов безопасности труда. Электровозы и тепловозы колес 1520 мм. Требования безопасности» [9];
- «Правила технічної експлуатації залізниць України», затверджені наказом Міністерства транспорту України від 20 грудня 1996 року № 411, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 25 лютого 1997 року за № 50/1854 (із змінами) [10];
- «Інструкція з сигналізації на залізницях України», затверджена наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 23 червня 2008 року № 747 (наказ визнано таким, що не підлягає державній реєстрації (згідно з наказом Міністерства юстиції України від 27 червня 2008 року № 1091/5) [11];

На даному етапі особливістю процесу сертифікації є схеми (моделі), за якими орган з сертифікації буде здійснювати сертифікацію. Як правило, орган з сертифікації буде обирати схеми сертифікації одиночного виробу або партії виробів.

Сертифікація одиночного локомотива передбачає процедури аналізування документації, ідентифікації, технічного діагностування локомотива та його випробування з метою сертифікації. За позитивними результатами видається сертифікат відповідності (враховані примірники) з терміном дії до одного року.

Сертифікація партії локомотивів передбачає процедури огляду усієї партії локомотивів, технічного діагностування, відбирання, ідентифікацію зразків локомотивів (або типових представників локомотивів) та їх випробування з метою сертифікації.

За позитивними результатами видається сертифікат відповідності на партію продукції із зазначенням ідентифікаційних, заводських номерів усіх виробів, що входять до складу партії, або сертифікат відповідності на кожен локомотив, що входить до складу партії, з терміном дії до одного року.

При цьому, особливістю сертифікації партії локомотивів є те, що заявник повинен пред'явити персоналу органу з сертифікації усі локомотиви, які належать до партії, заявленої для сертифікації.

Крім того, особливістю сертифікації є те, що, як правило, локомотиви, які належать відомствам, підприємствам та організаціям, що не відносяться до сфери управління АТ «Укрзалізниця» і раніше не використовувались на коліях загального користування України, а зараз пред'являються для участі в проекті, можуть бути кількох типів, різних років побудови, мати різні напрацювання по дизелю (мотогодин), різні ступені зносу механічної частини несних конструкцій, колісних пар, візків, автотягачних пристроїв, гальмівного обладнання, різний технічний стан вимірювальних приладів, запобіжних пристроїв та повітряних резервуарів, приладів безпеки тощо.

Для прийняття рішення про проведення сертифікації партії локомотивів (одиночного локомотива) заявник подає в орган з сертифікації заявку (на бланку листа організації-заявника) та два примірники документів до неї, а саме:

- додаток до заявки, у якому вказано інформацію про заводські номери локомотивів, які увійшли до партії, що сертифікується (може бути представлений у вигляді окремого документу);
- лист про походження локомотива (локомотивів) з інформацією про найменування та кількість виробів у партії; про підприємство-виробника (найменування, адреса); дату (період) випуску локомотива (локомотивів із партії); про підприємство, на якому зроблена модернізація (найменування, адреса, код ЄДРПОУ); про підприємство постачальника (власника) локомотивів (найменування, адреса, код ЄДРПОУ), номер та дату контракту (контрактів), за яким (за якими) здійснено поставку локомотивів, номери та дату інвойсів (накладних);
- копії документів, які підтверджують походження продукції (копії інвойсів, сертифікатів відповідності або якості, паспортів тощо);

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- копію складального кресленника (загального вигляду) із специфікацією на кожен тип локомотива;
- інструкцію з експлуатації на кожен тип локомотива;
- документи проекту модернізації (за наявністю);
- бортовий журнал локомотивної бригади (форма ТУ 152) (на кожному локомотиві);
- довідку щодо претензій та рекламаций (від споживача).

Кресленники та копії документів засвідчують надписом «Згідно з оригіналом», підписом керівника підприємства-заявника та відбитком печатки.

Усі затверджуючі підписи керівників на документах засвідчують печаткою.

Одночасно із заявкою заявник надає до органу з сертифікації відомості для укладення господарського договору на виконання роботи з сертифікації.

Порядок проведення сертифікації одиночного локомотива та партії локомотивів, як правило, в загальному випадку містить:

- розгляд та реєстрацію заявки на сертифікацію продукції;
- аналіз наданої документації;
- прийняття рішення за заявкою із зазначенням схеми (моделі) сертифікації;
- призначення персоналу для виконання заходів з сертифікації;
- оформлення завдання випробувальному центру на проведення випробувань з метою сертифікації;
- зовнішній огляд та ідентифікацію кожного зразка локомотива із партії, пред'явленої для відбору;
- технічне діагностування, оцінку залишкового ресурсу несучих конструкцій локомотива;
- відбір та ідентифікацію зразка (зразків) типового представника із партії, пред'явленої для відбору, для проведення випробувань з метою сертифікації;
- випробування відібраного зразка (зразків) з метою сертифікації визначення фактичних значень показників зразка типового представника за вимогами нормативних документів;
- оформлення комплексного висновку про відповідність локомотива вимогам нормативних та технічних документів;
- аналіз одержаних результатів та прийняття рішення про можливість (або неможливість) видачі сертифіката відповідності на партію або кожний локомотив із партії;
- укладання ліцензійних угод на право застосування сертифікатів, знака відповідності, оформлення і видачу врахованих примірників сертифікатів відповідності заявнику;
- оформлення комплексу звітних документів.

При цьому, усі локомотиви, що пред'являються, повинні бути в справному стані, укомплектовані необхідними засобами та документацією.

Технічне діагностування, оцінка залишкового ресурсу несучих конструкцій локомотивів виконуються з урахуванням вимог методики діагностування М 4.1.00740 «Технічне діагностування та оцінка залишкового ресурсу несучих конструкцій тепловозів з метою подовження їх терміну служби», затвердженої 28.12.2018 р. [12].

Обсяг робіт з технічного діагностування локомотивів з метою сертифікації охоплює аналізування облікових документів, у тому числі, документів з технічного діагностування, проведеного спеціалізованою організацією, технічного рішення (за наявності), обстеження фактичного технічного стану металоконструкцій кузова кожного локомотива та його візків (або вибірково) з використанням методів і засобів неруйнівного контролю.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Завданням обстеження технічного стану локомотивів є виявлення несправностей систем, приладів, пошкоджень та несправностей їх металоконструкцій, які перевищують нормовані експлуатаційні значення, визначення фактичних значень товщин основних несних елементів кузовів локомотивів та їх візків.

За результатами технічного діагностування орган з сертифікації може прийняти рішення на виключення локомотива із складу партії.

Для проведення випробувань з метою сертифікації відбирається зразок (зразки) типового представника із партії локомотивів, пред'явленої для відбору, який має найбільший термін служби, напрацювання по дизелю (мотогодин), пробіг, найбільш характерні допустимі пошкодження рам, у тому числі виправлені, мінімальні товщини основних несних елементів (за можливості).

Обсяг випробувань з метою сертифікації визначає орган з сертифікації в завданні випробувальному центру, обраному для проведення випробувань.

Відібраний локомотив (типовий представник) підлягає випробуванням у повному обсязі. Залежно від умов ідентифікації та результатів технічного діагностування орган з сертифікації може прийняти рішення про визначенні окремих показників на інших локомотивах із партії.

Одиночний локомотив, пред'явлений для участі у експериментальному проекті, після технічного діагностування підлягає випробуванням у повному обсязі.

Для підтвердження тягової характеристики локомотива наприкінці випробувань може проводитися демонстраційна поїздка на узгодженій з АТ «Укрзалізниця» дільниці із навантаженим рухомих складом.

Термін початку робіт з сертифікації залежить від строку подання заявки та документів до неї, укладання договору, узгодження організаційних питань щодо забезпечення відряджень персоналу органу з сертифікації та випробувального центру, здійснення попередньої оплати тощо.

Тривалість безпосереднього процесу сертифікації з урахуванням аналізування документації, технічного діагностування, підготовки експертних висновків, відбору та ідентифікація зразка (зразків) типового представника із партії, пред'явленої для відбору, проведення випробувань з метою сертифікації, обробки та оформлення результатів випробувань, комплексного висновку про відповідність локомотива вимогам нормативних та технічних документів, прийняття рішення про можливість (або неможливість) видачі сертифіката відповідності на партію або кожний локомотив із партії, укладання ліцензійних угод на право застосування сертифікатів, знака відповідності, оформлення і видача врахованих примірників сертифікатів відповідності заявнику, оформлення комплексу звітних документів тощо становить від 1,5 до 2 місяців.

Висновки.

Розглянуто деякі особливості процесу сертифікації приватних локомотивів для участі в експериментальному проекті щодо допуску їх до роботи окремими маршрутами на залізничних коліях загального користування.

Головна особливість полягає у тому, що на сертифікацію пред'являються локомотиви не нові, а такі, що вже знаходяться в експлуатації, можливо тривалий час, які можливо пройшли модернізацію, мають різні напрацювання по дизелю (мотогодин), різні ступені зносу механічної частини несних конструкцій, колісних пар, візків, автотцепних пристроїв, гальмівного обладнання, різний технічний стан вимірювальних приладів, запобіжних пристроїв та повітряних резервуарів, приладів безпеки тощо.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

У зв'язку з цим, заходи з сертифікації локомотивів доповнюються елементами процедури технічного діагностування і під час випробувань з метою сертифікації визначаються нормовані експлуатаційні показники.

ЛІТЕРАТУРА

1. Савницький Н.М. Формування технології тягового забезпечення перевезень вантажів приватними локомотивами. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА, 2020 р.
2. «Порядок надання допуску локомотивам, що належать відомствам, підприємствам та організаціям, які не відносяться до сфери управління АТ «Укрзалізниця» для можливості їх роботи на коліях станцій примикання АТ «Укрзалізниця», затверджений 19.12.2018 р.
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 04.12.2019 р. № 1043 «Про реалізацію експериментального проекту щодо допуску приватних локомотивів до роботи окремими маршрутами на залізничних коліях загального користування».
4. Наказ Міністерства Інфраструктури України від 04.03.2020 р. № 191 «Про затвердження Тимчасового положення про порядок допуску приватних локомотивів до роботи окремими маршрутами на залізничних коліях загального користування».
5. ДСТУ ГОСТ 31187:2018 (ГОСТ 31187-2011, ІДТ) «Тепловози магістральні. Загальні технічні умови». 54с.
6. ГОСТ 31187-2011 «Тепловози магістральные. Общие технические требования». 54 с.
7. ГОСТ 25463-82 «Тепловози магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические требования». 12с.
8. ДСТУ ГОСТ 25463:2019 «Тепловози магістральних залізниць колії 1520 мм. Загальні технічні вимоги» (ГОСТ 25463-2001, ІДТ). 12с.
9. ГОСТ 12.2.056-81 «Система стандартов безопасности труда. Электровозы и тепловозы колеи 1520 мм. Требования безопасности», 30с.
10. «Правила технічної експлуатації залізниць України», затверджені наказом Міністерства транспорту України від 20 грудня 1996 року № 411, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 25 лютого 1997 року за № 50/1854 (із змінами). 120с.
11. «Інструкція з сигналізації на залізницях України», затверджена наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 23 червня 2008 року № 747 (наказ визнано таким, що не підлягає державній реєстрації (згідно з наказом Міністерства юстиції України від 27 червня 2008 року № 1091/5). 132 с.
12. «Технічне діагностування та оцінка залишкового ресурсу несучих конструкцій тепловозів з метою подовження їх терміну служби». Методика діагностування М 4.1.00740, ДП «УкрНДІВ», 2018 р. 46 с.

M.A. Bahrov

State Enterprise "Ukrainian Railway Car Building Research Institute"
vul. I. Prykhodka, 33, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
+38 (05366) 6 02 50 E-mail: lab9@ukrndiv.com.ua

I.V. Gladkykh

State Enterprise "Ukrainian Railway Car Building Research Institute"
vul. I. Prykhodka, 33, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
+38 (05366) 6 01 42 E-mail: office@ukrndiv.com.ua

PRIVATE TRACTION ROLLING STOCK ON THE MAIN-LINE TRACKS. ASPECTS CERTIFICATION OF PRIVATE LOCOMOTIVES

The article deals with the procedures for certification of private locomotives in order to grant authorization for their operation on certain public railway lines. The special feature of the certification is that, as a rule, locomotives belonging to departments, enterprises and organizations that are not within the management sphere of JSC "Ukrzaliznytsia" and were not previously used on public railway lines of Ukraine, but are now presented for participation in the project, can be of several types, different years of construction, have different diesel operating hours (SMU hours), different degrees of wear of the mechanical part of load-bearing structures, wheelsets, trolleys, couplings, braking equipment, different technical condition of measuring instruments, safety devices and air tanks, devices security, etc. Therefore, the article presents the provisions of certification schemes (models) that can be used by the certification body for the certification of single locomotives and batches of private locomotives, and their aspects. The paper also presents the basic normative documents according to which certification procedures are carried out. The key aspects of existing certification testing of locomotives are specified. The scope of work on technical diagnostics of locomotives for certification is described. The procedure and duration of the direct certification process are given taking into account the analysis of documentation, technical inspection, provision of expert evaluation, selection and identification of a sample (samples) of a representative item from the batch submitted for sampling, certification testing, processing and registration of test results, comprehensive conclusion on compliance of the locomotive with the requirements of regulatory and technical documents, decision-making on the possibility (or impossibility) of issuing a certificate.

Key words: certification, locomotives, norms of the European Union, DSTU, private rolling stock, JSC "Ukrzaliznytsia", technical diagnostics, testing.

REFERENCES

1. Sannitskyi, N.M. (2020), Formuvannya tehnologii tyagovogo zabezpechennia perevezen vantazhiv pryvatnyimi lokomotyvami [Formation of traction support technology for freight transportation by private locomotives]. - Qualifying scientific work as a manuscript. Dniprovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazarian,
2. Poriadok nadання dopusku lokomotyvam, shcho nalezhat vidomstvam, pidpryemstvam ta organizatsiiam, iaki ne vidnosiatsia do sfery upravlinnia AT "Ukrzaliznytsia" dlia mozhlyvosti yikh roboty na koliakh stantsii prylykannia AT "Ukrzaliznytsia", zatverdzhnyi 19.12.2018 [The procedure for granting admission to locomotives belonging to departments, enterprises and organizations that are not within the sphere of management of JSC "Ukrzaliznytsia" for the possibility of their work on the tracks of adjacent stations of JSC "Ukrzaliznytsia", approved on 19.12.2018].
3. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 04.12.2019 r. № 1043 «Pro realizatsiiu eksperymentalnoho proektu shchodo dopusku pryvatnykh lokomotyviv do roboty okremymy marshrutamy na zaliznychnykh koliakh zahalnoho korystuvannia [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 04.12.2019 № 1043 "On the implementation of an experimental project on the admission of private locomotives to work on certain routes on public railways]."
4. Nakaz Ministerstva Infrastruktury Ukrainy vid 04.03.2020 r. № 191 «Pro zatverdzhennia Tymchasovoho polozhennia pro poriadok dopusku pryvatnykh lokomotyviv do roboty okremymy marshrutamy na zaliznychnykh koliakh zahalnoho korystuvannia. [Order of the Ministry of Infrastructure of Ukraine dated 04.03.2020 № 191 "On approval of the Temporary Regulation on the procedure for admission of private locomotives to work on certain routes on public railways].

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

5. DSTU HOST 31187:2018 (HOST 31187-2011, IDT) «Тепловоzy маhистральнi. Загалнi технiчнi умовy. [DSTU HOST 31187:2018 (GOST 31187-2011, IDT) Main-line diesel locomotives. General technical requirements]. pp.54.

6. HOST 31187-2011 «Тепловоzy маhистральнi. Загалнi технiчнi умовy [HOST 31187-2011 Mainline diesel locomotives. General technical requirements "]. pp.54.

7. HOST 25463-82 «Тепловоzy маhистральнykh залiзныts kolii 1520 mm. Загалнi технiчнi вимоhy». [HOST 25463-82 Diesel locomotives of 1520 mm gauge mainline railways. General technical requirements], pp. 12.

8. DSTU HOST 25463:2019 «Тепловоzy маhистральнykh залiзныts kolii 1520 mm. Загалнi технiчнi вимоhy» (HOST 25463-2001, IDT) [DSTU HOST 25463: 2019 "Diesel locomotives of main railways of 1520 mm. General technical requirements "(HOST 25463-2001, IDT)]. pp.12.

9. HOST 12.2.056-81 «Systema standartiv bezpeky pratsi. Elektrovozy i teplovozy kolii 1520 mm. Vymohy bezpeky". [HOST 12.2.056-81 "System of labor safety standards. Electric locomotives and diesel locomotives of 1520 mm track. Security requirements], pp.30 p.

10. Pravyta tekhnichnoi ekspluatatsii zaliznyts Ukrainy», zatverdzeni nakazom Ministerstva transportu Ukrainy vid 20 hrudnia 1996 roku № 411, zareistrovani v Ministerstvi yustytsii Ukrainy 25 liutoho 1997 roku za № 50/1854 (iz zminamy) [Rules of technical operation of railways of Ukraine », approved by the order of the Ministry of Transport of Ukraine from December 20, 1996 № 411, registered in the Ministry of Justice of Ukraine on February 25, 1997 for № 50/1854 (with changes)].pp.120.

11. Instruksiia z syhnalizatsii na zaliznytsiakh Ukrainy», zatverdzhena nakazom Ministerstva transportu ta zviazku Ukrainy vid 23 chervnia 2008 roku № 747 (nakaz vyznano takym, shcho ne pidlihaie derzhavnii reistratsii (zghidno z nakazom Ministerstva yustytsii Ukrainy vid 27 chervnia 2008 roku № 1091/5) [Instruction on signaling on the railways of Ukraine", approved by the order of the Ministry of Transport and Communications of Ukraine dated June 23, 2008 № 747 (the order was recognized as not subject to state registration (according to the order of the Ministry of Justice of Ukraine dated June 27, 2008 № 1091/5)].pp.132.

12. Tekhnichne diahnostuvannia ta otsinka zalyshkovoho resursu nesuchykh konstruksii teplovoziv z metoiu podovzhennia yikh terminu sluzhby. Metodyka diahnostuvannia M 4.1.00740, DP «UkrNDIV», 2018 r [Technical diagnosis and assessment of the residual life of load-bearing structures of locomotives in order to extend their service life. Methods of diagnosing M 4.1.00740, DP "UkrNDIV", 2018].pp.46

О.М. Сафронов*

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-03-24

Ю.Я. Водяніков

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-03-24

О.Г. Макеєва

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-02-50

**ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ГАЛЬМІВНОЇ
ЕФЕКТИВНОСТІ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ ЗА ПРАВИЛАМИ
ГОСТ 34434-2018**

Наведено алгоритми розрахунку гальмівних шляхів вантажного поїзда і перерахунку на чавунні колодки відповідно до нових правил ГОСТ 34434-2018 «Тормозные системы грузовых железнодорожных вагонов. Технические требования и правила расчета». За викладеними алгоритмами була складена програма в середовищі Excel, що дозволяє повністю автоматизувати процес проведення розрахункових досліджень з визначення гальмівної ефективності вантажного поїзда. Програма є універсальною, оскільки дозволяє досліджувати гальмівні системи різного конструктивного виконання: з одним і двома гальмівними циліндрами; з одностороннім та двостороннім натисненням гальмівних колодок на колеса; з дисковим гальмом. Показані приклади розрахункових досліджень гальмівної ефективності напіввагона з осьовим навантаженням 25 тс.

Ключові слова: гальмівна ефективність вантажних поїздів, алгоритм розрахунку гальмівних шляхів, чавунні колодки, програмний комплекс

А.М. Сафронов*

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагостроения»
ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-03-24

Ю.Я. Водяніков

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагостроения»
ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-03-24

© Сафронов О.М., Водяніков Ю.Я., Макеєва О.Г., 2020

Е.Г. Макеєва

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

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

Телефон: (05366) 6-02-50

ПРОГРАММНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОРМОЗНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРУЗОВОГО ПОЕЗДА ПО ПРАВИЛАМ ГОСТ 34434-2018

Приведены алгоритмы расчета тормозных путей грузового поезда и перерасчет на чугунные колодки в соответствии с новыми правилами ГОСТ 34434-2018 «Тормозные системы грузовых железнодорожных вагонов. Технические требования и правила расчета». По изложенным алгоритмам была составлена программа в среде Excel, которая позволяет полностью автоматизировать процесс проведения расчетных исследований по определению тормозной эффективности грузового поезда. Программа является универсальной, поскольку позволяет исследовать тормозные системы различного конструктивного исполнения: с одним и двумя тормозными цилиндрами; с односторонним и двусторонним нажатием тормозных колодок на колеса; с дисковым тормозом. Показаны примеры расчетных исследований тормозной эффективности полувагона с осевой нагрузкой 25 тс.

Ключевые слова: тормозная эффективность грузовых поездов, алгоритм расчета тормозных путей, чугунные колодки, программный комплекс.

У 2018 році вийшов ГОСТ 34434-2018 [1], в якому викладені нові технічні вимоги та правила розрахунку гальма, а також критерії гальмівної ефективності вантажних поїздів з осьовим навантаженням до 30 тс і швидкостями руху до 160 км/год включно.

Викладені в [1] правила гальмівних розрахунків вантажних вагонів мають принципові відмінності від типових правил розрахунку. Основні особливості викладені в правилах гальмівних розрахунків вантажних поїздів за [1], які полягають у визначенні гальмівного шляху вантажного поїзда при заданій функціональній залежності дійсної сили натиснення гальмівних колодок на колеса від часу гальмування.

Крім того, одним з основних критеріїв гальмівної ефективності вантажного поїзда є розрахункова сила натиснення композиційних колодок на вісь в перерахунку на чавунні. Тому для перерахунку на чавунні колодки потрібно визначити розрахункові коефіцієнти чавунних, виходячи з рівності гальмівних шляхів вантажного поїзда при композиційних і чавунних колодках.

Алгоритми розрахункових досліджень представлені на рисунках 1 і 2.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

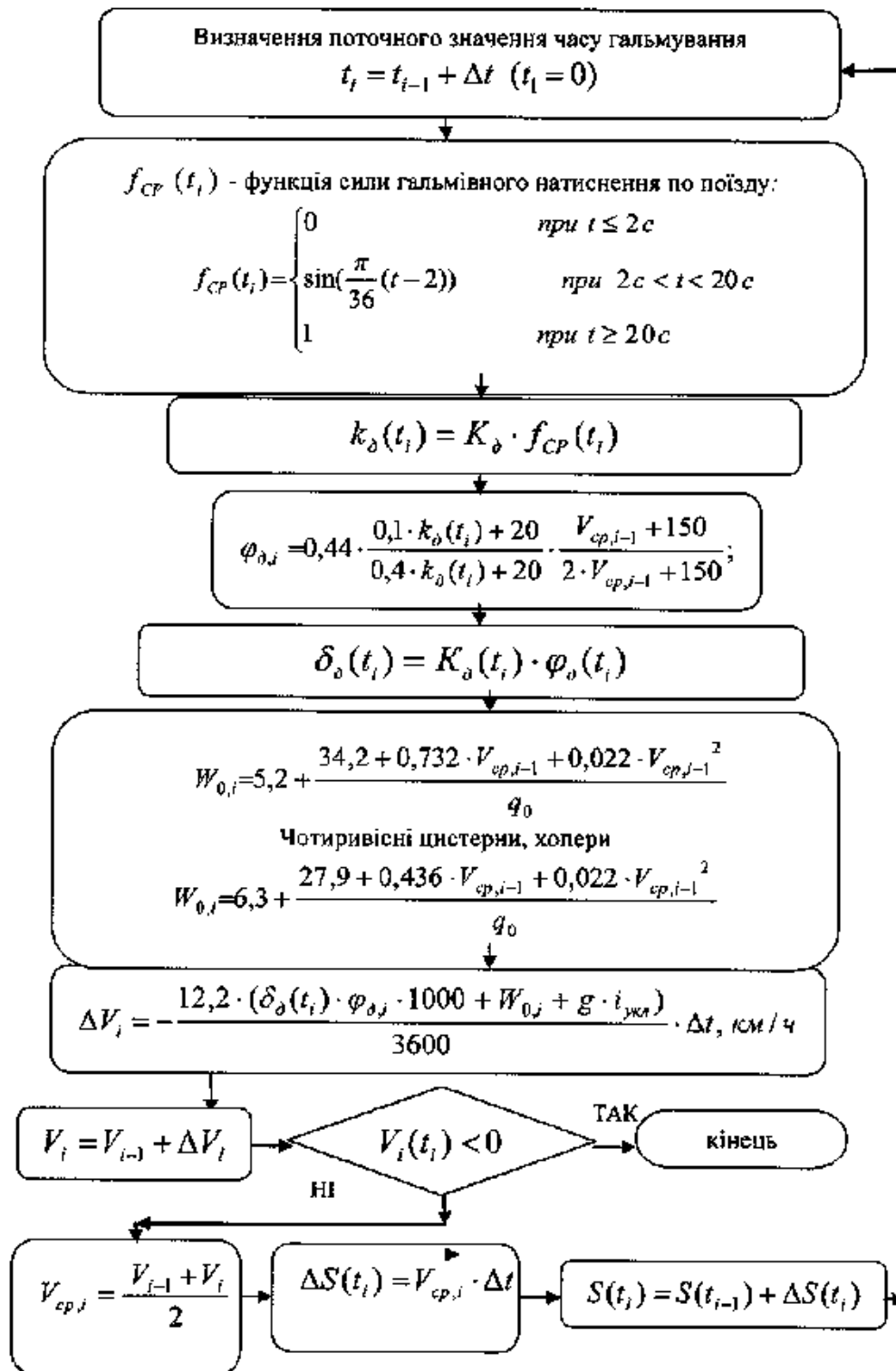


Рис. 1. Алгоритм розрахунку гальмівних шляхів вантажного поїзда

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

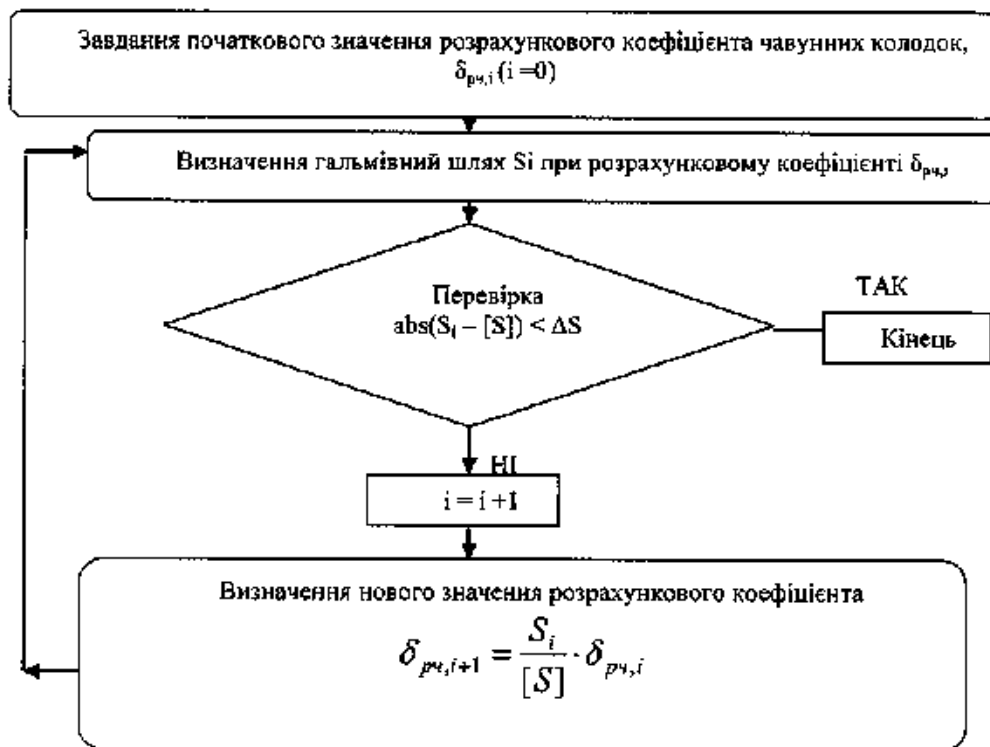


Рис. 2. Алгоритм визначення розрахункового гальмівного коефіцієнта композиційних колодок в перерахунку на чавуні по заданому значенню гальмівного шляху

За викладеними алгоритмами була складена програма в середовищі Excel, що дозволяє повністю автоматизувати процес проведення розрахункових досліджень з визначення гальмівної ефективності вантажного поїзда.

Позначення ідентифікаторів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. - Позначення ідентифікаторів в алгоритмах і електронних таблицях

| Позначення ідентифікатора | Назва |
|---------------------------|--|
| t, c | - час гальмування |
| f(t) | - функція сили натиснення |
| Kд | - дійсна сила натиснення |
| фд | - дійсний коефіцієнт тертя |
| δд | - дійсний коефіцієнт сили натиснення колодок |
| Wох | - опір руху поїзда |
| i | - величина ухилу залізничної колії |
| b (t) | - питома гальмівна сила |
| Δv | - зниження швидкості в поточному інтервалі часу |
| V _i | - швидкість руху на поточний час гальмування |
| V _{ср} | - середня швидкість руху на поточний час гальмування |
| ΔS | - приріст гальмівного шляху в поточному інтервалі часу |
| ΣΔS | - гальмівний шлях на поточний час гальмування |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Порівняльний аналіз результатів розрахунку за викладеними алгоритмами (див. рис. 1, 2) і результатами контрольного прикладу (табл. 3.10 і 3.11, [1]) показав: для навантаженого поїзда різниця гальмівних шляхів склала $985 - 984,11 = 0,98$ м, для порожнього $772,6 - 771 = 1,6$ м, що становить відповідно 0,09 % і 0,22 % (рис. 3).

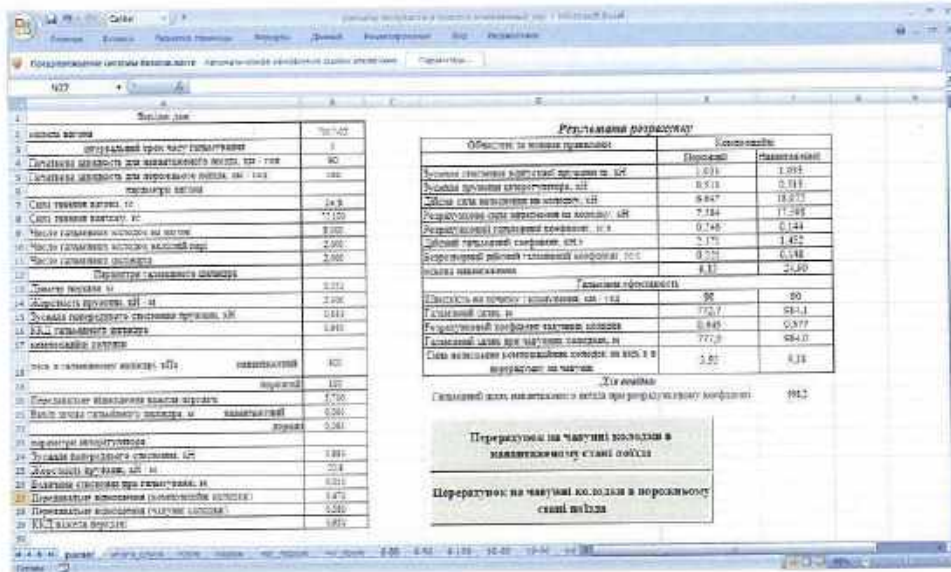


Рис. 3. Розрахунок гальмівної ефективності піввагона за вихідними даними контрольного прикладу [1]

Однак, подальші дослідження показали, що розбиття часу гальмування на інтервали більше 0,1 с обумовлюють занижені значення гальмівного шляху вантажного поїзда (рис. 4), тому для розрахункових досліджень рекомендується приймати інтервал рівний 0,1 с.

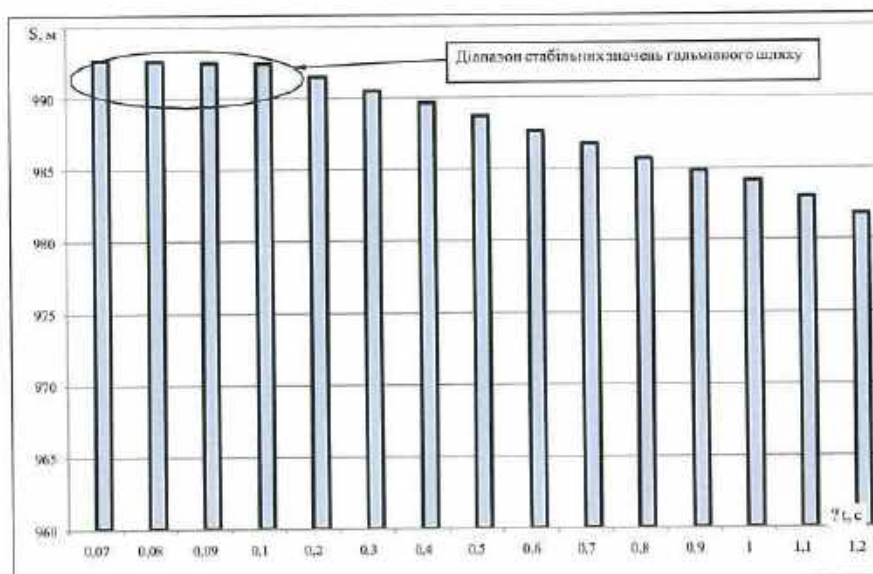


Рис. 4. Гальмівні шляхи вантажного поїзда в залежності від величини часового інтервалу

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Робоча книга для розрахункових досліджень складається з 12 робочих аркушів. Перший робочий аркуш містить таблицю вхідних даних і таблицю результатів розрахунку, а також дві кнопки для визначення розрахункового коефіцієнта чавунних колодок (рис. 5).

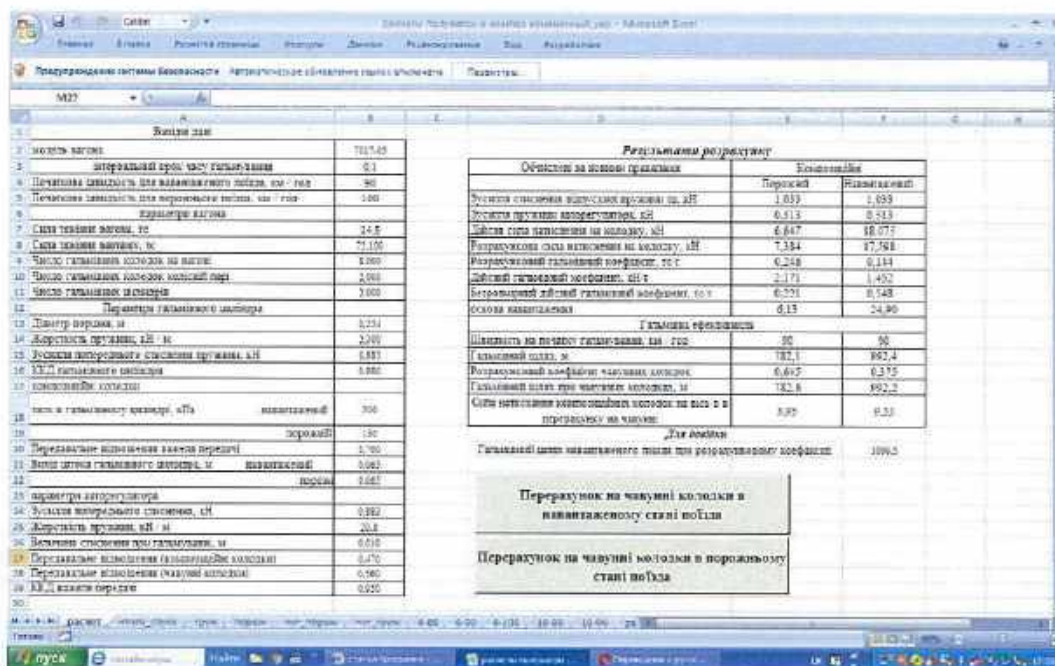


Рис. 5. Вхідні дані та результати розрахунку

Другий робочий лист - відображає підсумкові результати гальмівних шляхів вантажного поїзда на нормованих спусках (рис. 6).

Робоча книга для розрахункових досліджень складається з 11 робочих аркушів:

Перший робочий аркуш містить таблицю вхідних даних і таблицю результатів розрахунку, а також дві кнопки для визначення розрахункового коефіцієнта чавунних колодок (рис. 3).

Другий робочий аркуш - відображає підсумкові результати гальмівних шляхів вантажного поїзда на нормованих спусках (рис. 7).

У третьому і четвертому робочих аркушах наведені розрахунки гальмівного шляху вантажного поїзда в навантаженому (рис. 8) і порожньому (рис. 9) станах при екстремному пневматичному гальмуванні на площадці.

У п'ятому і шостому робочих аркушах наведені результати визначення розрахункових коефіцієнтів чавунних колодок вантажного поїзда в порожньому (рис. 10) і навантаженому станах (рис. 11).

З сьомого по одинадцятий робочі аркуші наведені результати визначення гальмівних шляхів вантажного поїзда на спуску 6 ‰ при швидкостях (80-90-100) км/год та на спуску 10 ‰ при швидкостях (80-90) км/год, для прикладу на рис. 12 і 13 наведено гальмівні шляхи при швидкості 90 км/год на спусках відповідно 6 ‰ і 10 ‰.

У дванадцятому робочому аркуші наведені гальмівні шляхи вантажного поїзда, які отримані за розрахунковим коефіцієнтом композиційних колодок (рис. 13).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Перерахунок композиційних колодок на чавунні для вантажного поїзда в навантаженому і порожньому станах виконується за окремими програмами, розробленими на мові VBA в середовищі EXCEL.

Допустимі значення гальмівних шляхів на нормованих спусках

| Керівний спуск і максимально допустима швидкість руху поїзда на перегоні | Відстань | | Гальмівні шляхи вантажного поїзда від отриманні в результаті |
|---|----------|------|--|
| | A | B | |
| На перегонах, де є керівні спуски менше 6 ‰, при швидкості руху вантажних поїздів - не більше 80 км / год | 800 | 1000 | 828,5 |
| вантажних поїздів - більше 80 км / год, але не більше 90 км / год | 1100 | 1300 | 1162,7 |
| вантажних поїздів - більше 90 км / год, але не більше 100 км / год | 1400 | 1200 | 1424,9 |
| На перегонах, де є керівні спуски 6 ‰ і крутіше, але не більше 10 ‰, при швидкості руху: | | | |
| вантажних поїздів - не більше 80 км / год | 1000 | 1200 | 1046,6 |
| вантажних поїздів - більше 80 км / год, але не більше 90 км / год | 1300 | 1500 | 1312,7 |
| <i>"А" - відстань від сигнальних знаків "Початок небезпечного місця" / "Кінець небезпечного місця" до сигналіз зменшення швидкості;</i> <i>"Б" - відстань від тимчасових червоних сигналів і від місця разового переїзду, яке вказано, до терміної платформи</i> | | | |

Рис. 6. Результати розрахунку гальмівного шляху вантажного поїзда на нормованих спусках

| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N |
|----|-----|----------|----------|----------|---------|---------|------|---------------|-----------|----------|----------|----------|-----------|
| Т | h | Кв | ва | Ва | пр | l | h(t) | Δv | V1 | V2 | ΔS | S1 | S2 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0,32 | 0,00000 | 16,3799 | 0 | 0 | -0,005498 | 80 | 90 | 0 | 0 |
| 4 | 0,1 | 0 | 0 | 0,32 | 0,00010 | 16,3798 | 0 | 0 | -0,005496 | 80,39445 | 89,59723 | 2,499923 | 2,499923 |
| 5 | 0,2 | 0 | 0 | 0,320002 | 0,00020 | 16,3798 | 0 | 0 | -0,005494 | 80,7889 | 89,59168 | 2,499705 | 4,999621 |
| 6 | 0,3 | 0 | 0 | 0,320004 | 0,00040 | 16,3798 | 0 | 0 | -0,005491 | 81,18335 | 89,58613 | 2,499487 | 7,499308 |
| 7 | 0,4 | 0 | 0 | 0,320008 | 0,00080 | 16,3798 | 0 | 0 | -0,005487 | 81,5778 | 89,58058 | 2,499269 | 9,998787 |
| 8 | 0,5 | 0 | 0 | 0,320012 | 0,00120 | 16,3798 | 0 | 0 | -0,005484 | 81,97225 | 89,57503 | 2,499051 | 12,498267 |
| 9 | 0,6 | 0 | 0 | 0,320015 | 0,00160 | 16,3798 | 0 | 0 | -0,005481 | 82,3667 | 89,56948 | 2,498832 | 14,997746 |
| 10 | 0,7 | 0 | 0 | 0,320018 | 0,00200 | 16,3799 | 0 | 0 | -0,005477 | 82,76115 | 89,56393 | 2,498614 | 17,497225 |
| 11 | 0,8 | 0 | 0 | 0,320022 | 0,00240 | 16,3799 | 0 | 0 | -0,005473 | 83,1556 | 89,55838 | 2,498396 | 19,996704 |
| 12 | 0,9 | 0 | 0 | 0,320025 | 0,00280 | 16,3800 | 0 | 0 | -0,00547 | 83,55005 | 89,55283 | 2,498178 | 22,496183 |
| 13 | 1 | 0 | 0 | 0,320029 | 0,00320 | 16,3802 | 0 | 0 | -0,005468 | 83,9445 | 89,54728 | 2,497959 | 24,995662 |
| 14 | 1,1 | 0 | 0 | 0,320032 | 0,00360 | 16,3803 | 0 | 0 | -0,005465 | 84,33895 | 89,54173 | 2,497741 | 27,495141 |
| 15 | 1,2 | 0 | 0 | 0,320035 | 0,00400 | 16,3804 | 0 | 0 | -0,005462 | 84,7334 | 89,53618 | 2,497523 | 29,99462 |
| 16 | 1,3 | 0 | 0 | 0,320039 | 0,00440 | 16,3805 | 0 | 0 | -0,005459 | 85,12785 | 89,53063 | 2,497305 | 32,494101 |
| 17 | 1,4 | 0 | 0 | 0,320042 | 0,00480 | 16,3806 | 0 | 0 | -0,005456 | 85,5223 | 89,52508 | 2,497087 | 34,99358 |
| 18 | 1,5 | 0 | 0 | 0,320045 | 0,00520 | 16,3807 | 0 | 0 | -0,005453 | 85,91675 | 89,51953 | 2,496869 | 37,49306 |
| 19 | 1,6 | 0 | 0 | 0,320049 | 0,00560 | 16,3808 | 0 | 0 | -0,00545 | 86,3112 | 89,51398 | 2,496651 | 39,99254 |
| 20 | 1,7 | 0 | 0 | 0,320052 | 0,00600 | 16,3809 | 0 | 0 | -0,005447 | 86,70565 | 89,50843 | 2,496433 | 42,49202 |
| 21 | 1,8 | 0 | 0 | 0,320056 | 0,00640 | 16,3810 | 0 | 0 | -0,005444 | 87,1001 | 89,50288 | 2,496215 | 44,9915 |
| 22 | 1,9 | 0 | 0 | 0,320059 | 0,00680 | 16,3811 | 0 | 0 | -0,005441 | 87,49455 | 89,49733 | 2,495997 | 47,49098 |
| 23 | 2 | 0,00547 | 79,36 | 0,320062 | 0,00720 | 16,3812 | 0 | 2,00285 | -0,005438 | 87,889 | 89,49178 | 2,495779 | 49,99046 |
| 24 | 2,1 | 0,00727 | 0,137798 | 0,319973 | 0,71267 | 16,3559 | 0 | 0,0458475899 | -0,005435 | 88,28345 | 89,48623 | 2,495561 | 52,48994 |
| 25 | 2,2 | 0,027952 | 0,115496 | 0,319884 | 0,12334 | 16,3549 | 0 | 0,071735143 | -0,005432 | 88,6778 | 89,48068 | 2,495343 | 54,98942 |
| 26 | 2,3 | 0,026177 | 0,473254 | 0,319794 | 0,01800 | 16,3529 | 0 | 0,124798601 | -0,005429 | 89,07215 | 89,47513 | 2,495125 | 57,4889 |
| 27 | 2,4 | 0,034895 | 0,830816 | 0,319704 | 0,05007 | 16,3519 | 0 | 0,16,66022845 | -0,005426 | 89,4665 | 89,46958 | 2,494907 | 59,98838 |
| 28 | 2,5 | 0,043823 | 0,79994 | 0,319619 | 0,06133 | 16,3499 | 0 | 0,20,02425257 | -0,005423 | 89,86085 | 89,46403 | 2,494689 | 62,48786 |
| 29 | 2,6 | 0,032586 | 0,545884 | 0,319535 | 0,07558 | 16,3479 | 0 | 0,23,98279943 | -0,00542 | 89,2552 | 89,45848 | 2,494471 | 64,98734 |
| 30 | 2,7 | 0,041096 | 0,39898 | 0,319451 | 0,09083 | 16,3459 | 0 | 0,27,94134629 | -0,005417 | 89,64955 | 89,45293 | 2,494253 | 67,48682 |

Рис. 7. Визначення гальмівного шляху вантажного поїзда в навантаженому стані

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

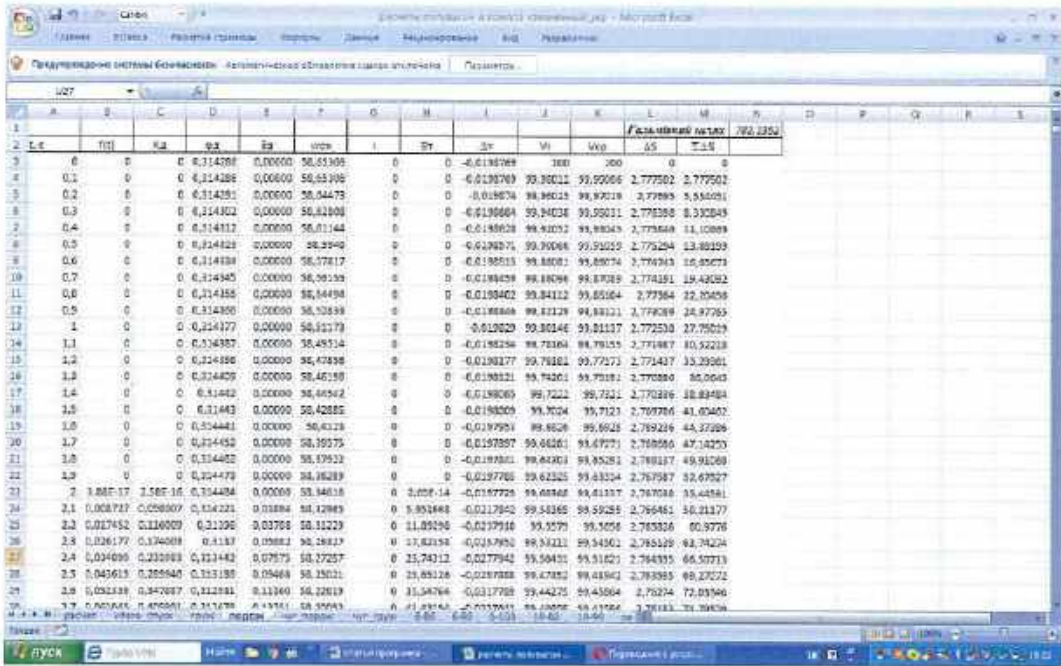


Рис. 8. Визначення гальмівного шляху вантажного поїзда в порожньому стані

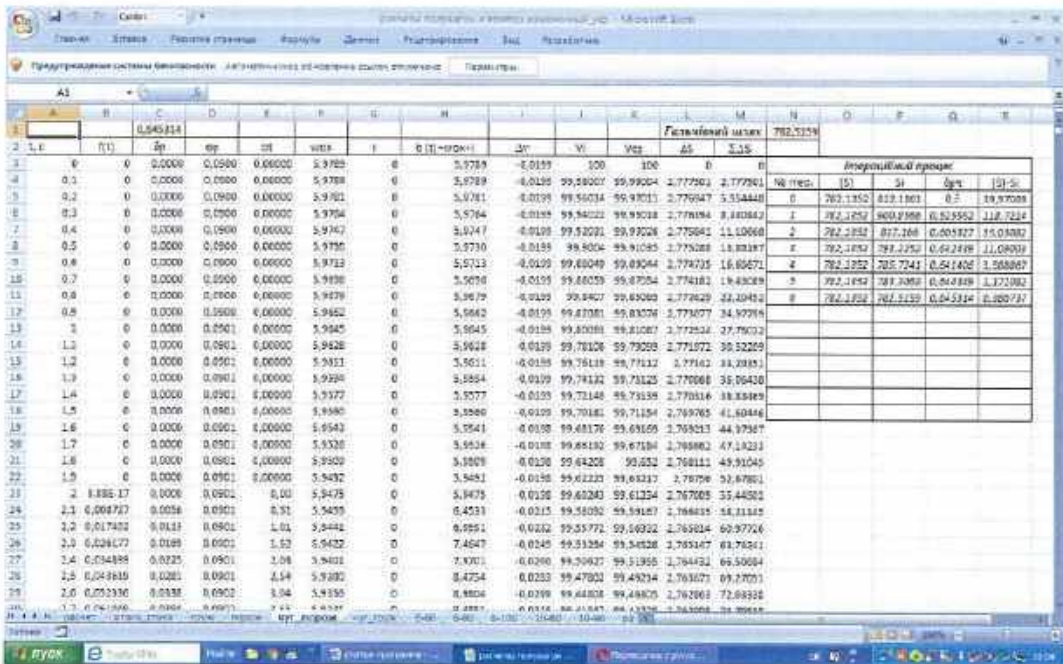


Рис. 9. Визначення розрахункового коефіцієнта чавунних колодок для порожнього поїзда

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Рис. 10. Визначення розрахункового коефіцієнта чавунних колодок для навантаженого поїзда

Рис. 11. Визначення гальмівного шляху вантажного поїзда на спуску 6 % в навантаженому стані при швидкості руху 90 км/год

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data points for the first 20 rows:

| № | В | С | Е | Г | Н | М | Гальмівий шлях | 111,087 | | | | |
|----|-----|---|---|------|--------|---------|----------------|------------|---------|---------|----------|----------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 2 | 0.1 | 0 | 0 | 0.32 | 0.0000 | 16.3779 | -51.1 | 0.02769336 | 90 | 90 | 0 | 0 |
| 3 | 0.2 | 0 | 0 | 0.32 | 0.0000 | 16.3779 | -51.1 | 0.02769336 | 90.9277 | 90.9277 | 2.300305 | 2.569303 |
| 4 | 0.3 | 0 | 0 | 0.32 | 0.0000 | 16.3779 | -51.1 | 0.02769336 | 90.9277 | 90.9277 | 2.300305 | 2.569303 |
| 5 | 0.4 | 0 | 0 | 0.32 | 0.0000 | 16.3779 | -51.1 | 0.02769336 | 90.9277 | 90.9277 | 2.300305 | 2.569303 |
| 6 | 0.5 | 0 | 0 | 0.32 | 0.0000 | 16.3779 | -51.1 | 0.02769336 | 90.9277 | 90.9277 | 2.300305 | 2.569303 |
| 7 | 0.6 | 0 | 0 | 0.32 | 0.0000 | 16.3779 | -51.1 | 0.02769336 | 90.9277 | 90.9277 | 2.300305 | 2.569303 |
| 8 | 0.7 | 0 | 0 | 0.32 | 0.0000 | 16.3779 | -51.1 | 0.02769336 | 90.9277 | 90.9277 | 2.300305 | 2.569303 |
| 9 | 0.8 | 0 | 0 | 0.32 | 0.0000 | 16.3779 | -51.1 | 0.02769336 | 90.9277 | 90.9277 | 2.300305 | 2.569303 |
| 10 | 0.9 | 0 | 0 | 0.32 | 0.0000 | 16.3779 | -51.1 | 0.02769336 | 90.9277 | 90.9277 | 2.300305 | 2.569303 |
| 11 | 1 | 0 | 0 | 0.32 | 0.0000 | 16.3779 | -51.1 | 0.02769336 | 90.9277 | 90.9277 | 2.300305 | 2.569303 |
| 12 | 1.1 | 0 | 0 | 0.32 | 0.0000 | 16.3779 | -51.1 | 0.02769336 | 90.9277 | 90.9277 | 2.300305 | 2.569303 |
| 13 | 1.2 | 0 | 0 | 0.32 | 0.0000 | 16.3779 | -51.1 | 0.02769336 | 90.9277 | 90.9277 | 2.300305 | 2.569303 |
| 14 | 1.3 | 0 | 0 | 0.32 | 0.0000 | 16.3779 | -51.1 | 0.02769336 | 90.9277 | 90.9277 | 2.300305 | 2.569303 |
| 15 | 1.4 | 0 | 0 | 0.32 | 0.0000 | 16.3779 | -51.1 | 0.02769336 | 90.9277 | 90.9277 | 2.300305 | 2.569303 |
| 16 | 1.5 | 0 | 0 | 0.32 | 0.0000 | 16.3779 | -51.1 | 0.02769336 | 90.9277 | 90.9277 | 2.300305 | 2.569303 |
| 17 | 1.6 | 0 | 0 | 0.32 | 0.0000 | 16.3779 | -51.1 | 0.02769336 | 90.9277 | 90.9277 | 2.300305 | 2.569303 |
| 18 | 1.7 | 0 | 0 | 0.32 | 0.0000 | 16.3779 | -51.1 | 0.02769336 | 90.9277 | 90.9277 | 2.300305 | 2.569303 |
| 19 | 1.8 | 0 | 0 | 0.32 | 0.0000 | 16.3779 | -51.1 | 0.02769336 | 90.9277 | 90.9277 | 2.300305 | 2.569303 |
| 20 | 1.9 | 0 | 0 | 0.32 | 0.0000 | 16.3779 | -51.1 | 0.02769336 | 90.9277 | 90.9277 | 2.300305 | 2.569303 |

Рис. 12. Визначення гальмівного шляху вантажного поїзда на спуску 10 ‰ в навантаженому стані при швидкості руху 90 км/год

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data points for the first 20 rows:

| № | В | С | Е | Г | Н | М | Гальмівий шлях | 205,405 | | | | | | |
|----|-----|---|---|--------|--------|--------|----------------|---------|--------|---------|---------|---------|----------|----------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| 2 | 0.1 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.2610 | 0.0000 | 2.4693 | 0 | 1.6693 | -0.0056 | 20.3998 | 20.3992 | 2.499923 | 2.499923 |
| 3 | 0.2 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.2610 | 0.0000 | 2.4693 | 0 | 1.6693 | -0.0056 | 20.3998 | 20.3992 | 2.499923 | 2.499923 |
| 4 | 0.3 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.2610 | 0.0000 | 2.4693 | 0 | 1.6693 | -0.0056 | 20.3998 | 20.3992 | 2.499923 | 2.499923 |
| 5 | 0.4 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.2610 | 0.0000 | 2.4693 | 0 | 1.6693 | -0.0056 | 20.3998 | 20.3992 | 2.499923 | 2.499923 |
| 6 | 0.5 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.2610 | 0.0000 | 2.4693 | 0 | 1.6693 | -0.0056 | 20.3998 | 20.3992 | 2.499923 | 2.499923 |
| 7 | 0.6 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.2610 | 0.0000 | 2.4693 | 0 | 1.6693 | -0.0056 | 20.3998 | 20.3992 | 2.499923 | 2.499923 |
| 8 | 0.7 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.2610 | 0.0000 | 2.4693 | 0 | 1.6693 | -0.0056 | 20.3998 | 20.3992 | 2.499923 | 2.499923 |
| 9 | 0.8 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.2610 | 0.0000 | 2.4693 | 0 | 1.6693 | -0.0056 | 20.3998 | 20.3992 | 2.499923 | 2.499923 |
| 10 | 0.9 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.2610 | 0.0000 | 2.4693 | 0 | 1.6693 | -0.0056 | 20.3998 | 20.3992 | 2.499923 | 2.499923 |
| 11 | 1 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.2610 | 0.0000 | 2.4693 | 0 | 1.6693 | -0.0056 | 20.3998 | 20.3992 | 2.499923 | 2.499923 |
| 12 | 1.1 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.2610 | 0.0000 | 2.4693 | 0 | 1.6693 | -0.0056 | 20.3998 | 20.3992 | 2.499923 | 2.499923 |
| 13 | 1.2 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.2610 | 0.0000 | 2.4693 | 0 | 1.6693 | -0.0056 | 20.3998 | 20.3992 | 2.499923 | 2.499923 |
| 14 | 1.3 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.2610 | 0.0000 | 2.4693 | 0 | 1.6693 | -0.0056 | 20.3998 | 20.3992 | 2.499923 | 2.499923 |
| 15 | 1.4 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.2610 | 0.0000 | 2.4693 | 0 | 1.6693 | -0.0056 | 20.3998 | 20.3992 | 2.499923 | 2.499923 |
| 16 | 1.5 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.2610 | 0.0000 | 2.4693 | 0 | 1.6693 | -0.0056 | 20.3998 | 20.3992 | 2.499923 | 2.499923 |
| 17 | 1.6 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.2610 | 0.0000 | 2.4693 | 0 | 1.6693 | -0.0056 | 20.3998 | 20.3992 | 2.499923 | 2.499923 |
| 18 | 1.7 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.2610 | 0.0000 | 2.4693 | 0 | 1.6693 | -0.0056 | 20.3998 | 20.3992 | 2.499923 | 2.499923 |
| 19 | 1.8 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.2610 | 0.0000 | 2.4693 | 0 | 1.6693 | -0.0056 | 20.3998 | 20.3992 | 2.499923 | 2.499923 |
| 20 | 1.9 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.2610 | 0.0000 | 2.4693 | 0 | 1.6693 | -0.0056 | 20.3998 | 20.3992 | 2.499923 | 2.499923 |

Рис. 13. Визначення гальмівного шляху вантажного поїзда в навантаженому стані по розрахунковому коефіцієнту композиційних колодок

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Для прикладу наведено текст програми для навантаженого поїзда (табл. 2), точність розрахунку визначається по різниці гальмівних шляхів, який повинен становити не більше 0,5 м (50 см), за початкове значення розрахункового коефіцієнта приймається 0,5.

Таблиця 2. - Оригінальний текст програми

| |
|--|
| Sub пересчет груз() |
| Sheets("расчет").Select |
| Range("A1").Select |
| Dim sdop As Single, stek As Single, otn As Single, kofa As Single, kofb As Single, kofa As Single, kofb As Single, koffb As Single |
| sdop = ActiveCell.Offset(14, 5).Range("A1") |
| stek = ActiveCell.Offset(14, 4).Range("A1") |
| If (sdop - stek) > 0.5 And (sdop - stek) < -0.5 Then |
| Stop |
| End If |
| Sheets("чуг груз").Select |
| Range("n5:r18").Select |
| Selection.ClearContents |
| Range("A1").Select |
| stek = ActiveCell.Offset(0, 13).Range("A1") |
| kofa = 0.5 |
| ij = 0 |
| Продолжение таблицы 1 |
| ActiveCell.Offset(4, 13).Value = ij |
| ActiveCell.Offset(4, 14).Value = sdop |
| Продолжение таблицы 1 |
| ActiveCell.Offset(4, 15).Value = stek |
| ActiveCell.Offset(4, 16).Value = kofa |
| ActiveCell.Offset(4, 17).Value = Abs(sdop - stek) |
| While Abs(sdop - stek) > 0.5 |
| ij = ij + 1 |
| otn = stek / sdop |
| kofa = kofa * otn |
| ActiveCell.Offset(0, 2).Value = kofa |
| stek = ActiveCell.Offset(0, 13).Range("A1") |
| ActiveCell.Offset(ij + 4, 13).Value = ij |
| ActiveCell.Offset(ij + 4, 14).Value = sdop |
| ActiveCell.Offset(ij + 4, 15).Value = stek |
| ActiveCell.Offset(ij + 4, 16).Value = kofa |
| ActiveCell.Offset(ij + 4, 17).Value = Abs(sdop - stek) |
| Wend |
| Sheets("расчет").Select |
| Range("A1").Select |
| End Sub |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Перед початком розрахунку необхідно на першому аркуші робочої книги («розрахунок») в ліву таблицю (див. рис. 5) занести вхідні дані, або їх замінити для подальшого розрахунку.

У якості приклада, в таблиці 3 наведені вхідні дані для розрахунку, наведеному в [1].

Таблиця 3. - Параметри гальма напіввагона з роздільним по візковим гальмуванням

| Найменування 1 | Значення 2 |
|--|--------------------------|
| Модель вагона | 7017-05 |
| Інтервальний крок часу гальмування, с | 0,1 |
| Початкова швидкість для навантаженого поїзда, км/год | 90 |
| Початкова швидкість для порожнього поїзда, км/год | 100 |
| Параметри вагона | |
| Маса вагона, т | 24,5 |
| Маса вантажу, т | 75,100 |
| Число гальмівних колодок на вагоні | 8 |
| Число гальмівних колодок на колісній парі | 2 |
| Число гальмівних циліндрів | 2 |
| Параметри гальмівного циліндра | |
| Діаметр поршня, м | 0,254 |
| Жорсткість пружини, кН / м | 2,3 |
| Зусилля попереднього стиснення пружини, кН | 0,883 |
| ККД гальмівного циліндра | 0,980 |
| Тиск в гальмовому циліндрі, кПа | навантажений порожній |
| | 300 130 |
| Передаточне відношення важеля передачі | 5,7 |
| Вихід штока гальмівного циліндра, м | навантажений порожній |
| | 0,065 0,065 |
| Параметри авторегулятора | |
| Зусилля попереднього стиснення, кН | 0,883 |
| Жорсткість пружини, кН / м | 20,8 |
| Величина стиснення при гальмуванні, м | 0,010 |
| Передаточне відношення (композиційні колодки) | 0,470 |
| ККД важільної передачі | 0,950 |

Після введення даних, для запуску програми досить натиснути на будь-яку вільну клітину, або натиснути «ENTER», при цьому розрахункові дослідження виконуються автоматично, для перерахунку на чавунні колодки запустити макроси натисненням відповідних кнопок на панелі першого робочого аркуша.

Слід зазначити, що частина параметрів таблиці 3 регламентовані нормативною документацією, тому заміні піддаються дані, які відмічені жирним шрифтом.

Висновки.

1. Розроблено універсальну програму, яка дозволяє досліджувати гальмівні системи різного конструктивного винання:

- ✓ з одним і двома гальмівними циліндрами;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- ✓ з одностороннім та двостороннім натисненням гальмівних колодок на колеса;
 - ✓ з дисковим гальмом (для дискового гальма вказують: параметри кліщового механізму, радіус тертя, діаметр колеса).
2. Створена програма повністю автоматизована і дозволяє виконувати різноманітні розрахункові дослідження з метою вибору раціональних параметрів гальмівної системи вантажного вагона.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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. 31 с.

O.M. Safronov

State Enterprise «Ukrainian Research Railway Car Building Institute» (DP «UkrNDIV»)
33, Prykhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-03-24

Y.Y. Vodiannikov

State Enterprise «Ukrainian Research Railway Car Building Institute» (DP «UkrNDIV»)
33, Prykhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-03-24

O.G. Makeieva

State Enterprise «Ukrainian Research Railway Car Building Institute» (DP «UkrNDIV»)
33, Prykhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-02-50

SOFTWARE APPLICATION FOR DETERMINATION OF BRAKE EFFICIENCY OF FREIGHT TRAINS ACCORDING TO THE RULES OF GOST 34434-2018

Calculation algorithm for braking distances of a freight train and recalculation on cast iron brake shoes in accordance with new rules of GOST 34434-2018 "BRAKE SYSTEMS OF FREIGHT CARS. Technical requirements and calculation rules " is given. According to the above mentioned algorithms, a program was drawn up in the Excel environment, intended to complete automation of the process of computational research to determine the braking efficiency of a freight train. The program is universal, as it allows studying brake systems of different design: with one and two brake cylinders; with one-sided and two-sided application of brake shoes on wheels; with disc brake. Examples of calculation studies of the braking efficiency of the open-top car with an axial load of 25 tons are shown.

Keywords: brake efficiency of freight trains, calculation algorithm of the brake distances, cast iron shoes, software application.

REFERENCES

1. ГОСТ 34434-2018. Тормозные системы грузовых железнодорожных вагонов. Технические требования и правила расчета [Brake systems of freight railways cars. Technical requirements and calculation rules]. Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (ISS), adopted on October 30, 2018 (Minutes № 113-P), Moscow, Standardinform, 2018. pp.31.

С.В. Кукін*

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
(ДП «УкрНДІВ»)
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: +830673063006, E-mail: kukasv@rambler.ru

Ю.Я. Водянніков

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
(ДП «УкрНДІВ»)
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: +830501859807, E-mail: vodyann@i.ua

Є.Р. Можейко

Публічне акціонерне товариство «Крюківський вагонобудівний завод» (ПАТ «КВБЗ»)
вул. І. Приходька 139, м. Кременчук, Полтавської обл., 51925, Україна
Телефон: +830675313098, E-mail: gruzvag@kvsz.com

А.Є. Можейко

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
(ДП «УкрНДІВ»)
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: +830689218675, E-mail: antimanton@gmail.com

С.А. Павлов

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
(ДП «УкрНДІВ»)
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: +830671398971, E-mail: pavlik86@ukr.net

ОПІНКА ГАЛЬМІВНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВАГОНА ЦИСТЕРНИ МОДЕЛІ 15-7140 НА ДОТРИМАННЯ ВИМОГ ГОСТ 34434-2018

Наведено результати дослідження гальмівної ефективності вагона цистерни моделі 15-7140 на відповідність вимог ГОСТ 34434-2018. Дослідження виконувалися методом «кидання», а обробка результатів за спеціально складеною програмою на ЕОМ з урахуванням фактичних параметрів цистерни. Гальмівні коефіцієнти одиночного вагона перераховувалися на максимальне завантаження вагона з урахуванням осьового навантаження, а також на мінімальний тиск в гальмівному циліндрі завантаженого і порожнього вагонів. Встановлено, що гальмівний шлях поїзда на площині з вагонів цистерни моделі 15-7140 в завантаженому стані відповідає вимогам гальмівної ефективності ГОСТ 34434-2018 для швидкостей руху до 90 км/год, для порожнього вагона гальмівні шляхи знаходяться в межах допустимих значень для швидкостей до 120 км/год включно.

Ключові слова: гальмієна ефективність, вантажний вагон, гальмівний шлях, важільна передача, гальмівні коефіцієнти.

© Кукін С.В., Водянніков Ю. Я., Можейко Є.Р., Можейко А.Є.,
Павлов С.А., 2020

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

С.В. Кукин *

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения» (ГП «УкрНИИВ»)
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавской обл., 39621, Украина
Телефон: +830673063006, E-mail: kukasv@rambler.ru

Ю.Я. Водяников

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения» (ГП «УкрНИИВ»)
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавской обл., 39621, Украина
Телефон: +830501859807, E-mail: vodyann@i.ua

Е.Р. Можейко

Публичное акционерное общество «Крюковский вагоностроительный завод (ПАО «КВСЗ»)
ул. И. Приходько 139, г. Кременчуг, Полтавской обл., 51925, Украина
Телефон: +830675313098, E-mail: gruzvag@kvsz.com

Е. А. Можейко

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения» (ГП «УкрНИИВ»)
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавской обл., 39621, Украина
Телефон: +830689218675, E-mail: antimanton@gmail.com

С.А. Павлов

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения» (ГП «УкрНИИВ»)
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавской обл., 39621, Украина
Телефон: +830671398971, E-mail: pavlik86@ukr.net

ОЦЕНКА ТОРМОЗНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВАГОНА ЦИСТЕРНЫ МОДЕЛИ 15-7140 НА СОБЛЮДЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ГОСТ 34434-2018

Приведены результаты исследования тормозной эффективности вагона цистерны модели 15-7140 на соответствие требованиям ГОСТ 34434-2018.

Исследования выполнялись методом «бросания», а обработка результатов по специально составленной программе на ЭВМ с учетом фактических параметров цистерны. Тормозные коэффициенты одиночного вагона пересчитывались на максимальную загрузку вагона с учетом осевой нагрузки, а также на минимальное давление в тормозном цилиндре загруженного и порожнего вагонов. Установлено, что тормозной путь поезда на площадке из вагонов цистерн модели 15-7140 в загруженном состоянии соответствует требованиям тормозов ной эффективности ГОСТ 34434-2018 для скоростей движения до 90 км/ч, для порожнего вагона тормозные пути находятся в пределах допустимых значений для скоростей до 120 км/ч включительно.

Ключевые слова: тормозная эффективность, грузовой вагон, тормозной путь, рычажная передача, тормозные коэффициенты.

У 2018 році вийшов ГОСТ 34434-2018 [1], в якому викладені нові технічні вимоги та правила розрахунку гальмівних систем вантажних вагонів, а також критерії гальмівної ефективності для вагонів з осьовим навантаженням до 30 тс і швидкостями руху до 160 км/год включно.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Аналіз показав, що параметри, які регламентують гальмівну ефективність вантажних вагонів за новими вимогами, істотно відрізняються від раніше прийнятих.

Основні відмінності полягають у тому, що: в критерії гальмівної ефективності введені максимальні допустимі гальмівні шляхи вантажного поїзда на площадці в залежності від швидкості на початку гальмування (табл. 1), а мінімальні допустимі сили натиснення композиційних колодок на вісь в перерахунку на чавунні колодки для вантажних і порожніх вагонів в залежності від осевого навантаження і швидкості (табл. 2 і 3). Особливості правил гальмівних розрахунків вантажних вагонів ГОСТ 34434-2018 [1] складаються:

Таблиця 1.- Вимоги до ефективності гальмівних систем вантажних вагонів [1]

| Параметр | | Максимальна допустима швидкість руху вантажного вагона в складі поїзда, км/год | | | | | | |
|---|-----------------------|--|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------|------|
| | | до 90 включно | понад 90 до 100 включно | понад 100 до 120 включно | понад 120 до 140 включно | понад 140 до 160 включно | | |
| 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Тип гальма (за принципом керування) | | П | П | П | П | Е | П | Е |
| Гальмівний шлях, м, не більше | для вантажних 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 вантажних вагонів | 0,14 | 0,18 | 0,25 | 0,3 | | — | — |
| | для порожніх вагонів | 0,22 | 0,22 | 0,25 | 0,28 | | — | — |
| <p>Примітки:</p> <p>1. Всі значення гальмівних шляхів наведені для ділянок шляху 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» позначає пневматичне гальмо, символом «Е» - ЕПГ.</p> | | | | | | | | |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 2. - Мінімально допустима розрахункова сила натиснення гальмівних колодок на вісь в перерахунку на чавунні колодки (тс) в залежності від максимальної допустимої швидкості руху вагона в складі поїзда і навантаження від колісної пари на рейки для завантаженого вагона [1]

| Максимальна допустима швидкість руху вантажного вагона в складі поїзда, км/год | Навантаження від колісних пар на рейки, тс | | | | | | |
|--|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | До 18,0 включно | понад 18,0 до 20,5 включно | понад 20,5 до 21,5 включно | понад 21,5 до 23,5 включно | понад 23,5 до 25,0 включно | понад 25,0 до 27,0 включно | понад 27,0 до 30,0 включно |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| До 90 включно | 6,0 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | 10,0 |
| понад 90 до 100 включно | 8,5 | 9,5 | 10,0 | 10,5 | 11,5 | — | — |
| понад 100 до 120 включно | 11,0 | 12,5 | 13,0 | 14,5 | — | — | — |
| понад 120 до 140 включно | 14,0 | 16,0 | — | — | — | — | — |
| понад 140 до 160 включно | 14,5 | — | — | — | — | — | — |

Таблиця 3. - Мінімально допустима розрахункова сила натиснення (тс) гальмівних колодок на вісь в перерахунку на чавунні колодки в залежності від максимальної допустимої швидкості руху вагона в складі поїзда і навантаження від колісної пари на рейки для порожнього вагона [1]

| Максимальна допустима швидкість руху вантажного вагона в складі поїзда, км/год | Навантаження від колісних пар на рейки, тс | | | | | | |
|--|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| | до 5 включно | понад 5 до 6 включно | понад 6 до 7 включно | понад 7 до 8 включно | понад 8 до 9 включно | понад 9 до 10 включно | понад 10 до 11 включно |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| до 90 включно | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
| понад 90 до 100 включно | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
| понад 100 до 120 включно | 3,0 | 4,5 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 | 6,5 |
| понад 120 до 140 включно | 4,0 | 5,0 | 5,5 | 6,5 | 7,0 | 8,0 | 8,5 |
| понад 140 до 160 включно | 4,0 | 5,0 | 5,5 | 6,5 | 7,0 | 8,0 | 8,5 |

1) розрахункові дослідження гальма виконуються з використанням дійсних сил натиснення гальмівних колодок на колеса, а також дійсних коефіцієнтів тертя і дійсної питомої гальмівної сили;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

2) при визначенні гальмівного шляху вантажного поїзда враховується зміна сили натиснення гальмівних колодок на колеса в процесі гальмування.

Крім того, основний питомий опір руху вантажних вагонів залежить від типу вагона і визначається за формулою [1]:

чотиривісні цистерни, хопери:

$$W_0 = 6,3 + \frac{27,9 + 0,436 \cdot V + 0,022 \cdot V^2}{q_0}, \quad (1)$$

де q_0 - навантаження на колісну пару (вісь), т;

V - швидкість руху, км/год.

Виходячи з вимог ГОСТ 34434-2018 (див. табл. 1, 2, 3), визначенню піддавалися наступні характеристики гальмівного процесу:

1. Гальмівні шляхи вантажного вагона на площадці;
2. Розрахунковий коефіцієнт сили натиснення композиційних колодок;
3. Розрахунковий коефіцієнт сили натиснення чавунних колодок;
4. Дійсний коефіцієнт сили натиснення композиційних колодок на колеса;
5. Коефіцієнти сили натиснення композиційних колодок на колеса перераховувалися на максимальне завантаження вагона і мінімальний тиск стисненого повітря в гальмівних циліндрах;

6. Гальмівні шляхи поїзда на площадці і нормованих спусках визначалися з урахуванням максимального завантаження вагона і мінімальних тисків в гальмівних циліндрах;

7. Розрахункові сили натиснення композиційних колодок на вісь в перерахунку на чавунні визначалися з урахуванням максимального завантаження вагона і мінімальних тисків в гальмівних циліндрах.

Вибір четвертої характеристики зумовлений тим, що гальмівні шляхи вантажного поїзда визначаються за дійсними коефіцієнтами [1].

Для обробки результатів ходових гальмівних випробувань використовувалася спеціальна програма для ЕОМ, яка розроблена на основі методичних положень [2].

Випробування вагона цистерни виконувалися згідно з договором № 102-20 від 08.04.2020 р. з Публічним акціонерним товариством «Крюківський вагонобудівний завод» на відповідність його характеристик вимогам технічного завдання на дослідно-конструкторську роботу «Вагон-цистерна для харчових продуктів (рослинних олій) модель 15-7140» (далі – ТЗ). Цистерна виготовлена згідно з вимогами ТЗ та конструкторської документації 7140.00.000 на ПАТ «КВБЗ» 14.05.2020 р.

Ходові гальмівні випробування передбачали дослідження гальмівної ефективності вагона цистерни в завантаженому та порожньому станах методом «кидання» (рис. 1) для конструкційної швидкості 120 км/год.



Рис. 1. Ходові гальмівні випробування вантажного вагона методом «кидання»

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Дослідження гальмівної ефективності вагона цистерни у завантаженому стані

Заміряні значення гальмівних шляхів одиночного вагона на площадці і рівняння лінії тренда приведені на рис. 2.

Дані для розрахункових досліджень вагона цистерни на ЕОМ в навантаженому стані наведені на рис. 3. Результати дослідження показані в таблицях 4, 5, 6. При цьому похибка результатів не перевищує 0,5%.

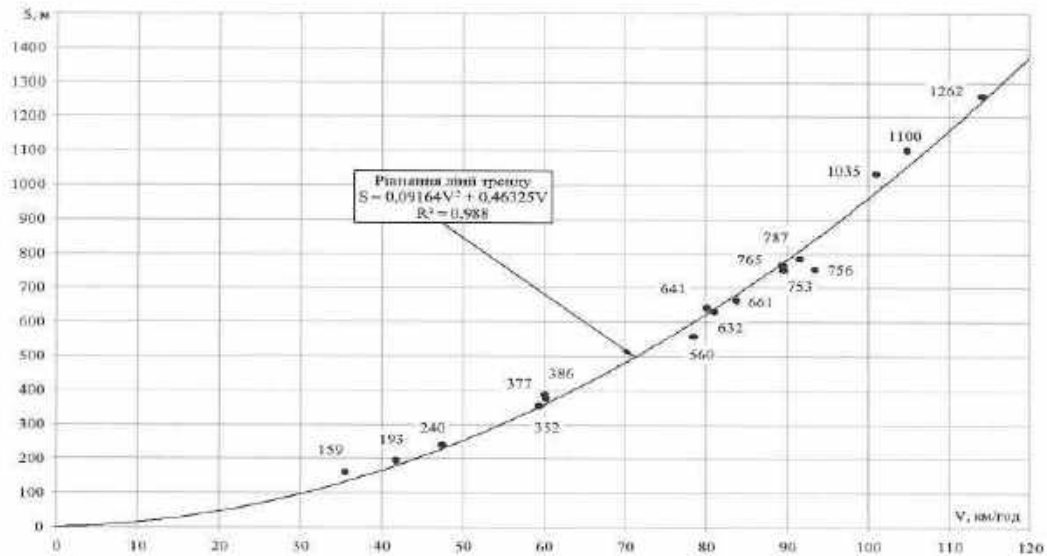


Рис. 2. Лінія тренда гальмівних шляхів вагона

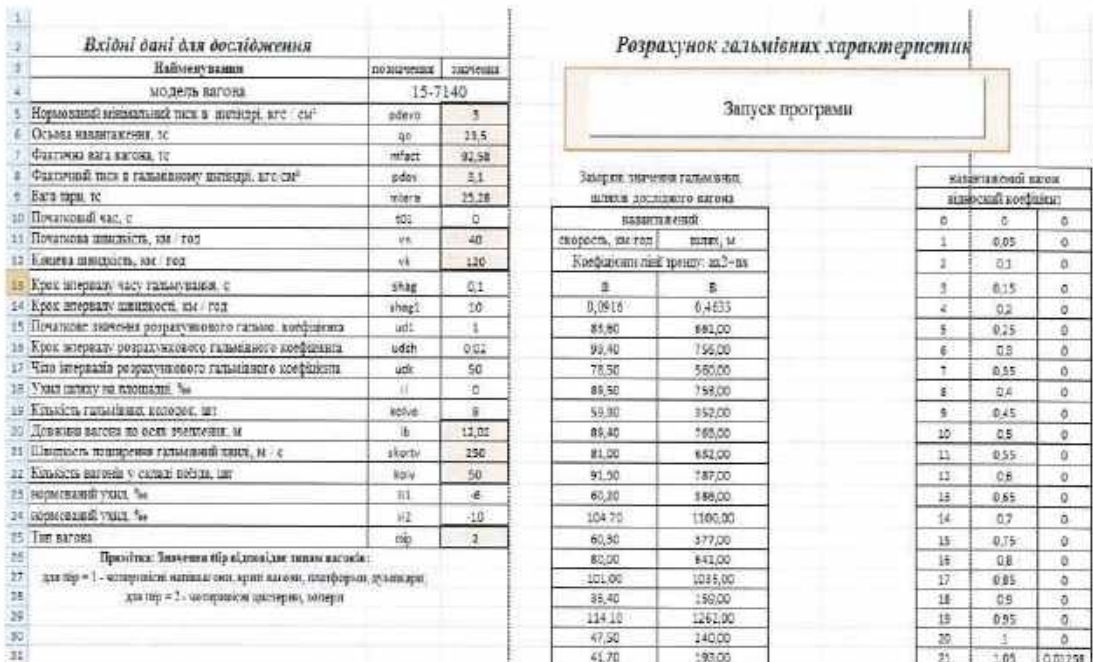


Рис. 3. Дані для розрахунку на ЕОМ гальмівної ефективності вагона-цистерни в завантаженому стані

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 4. - Характеристика гальмівного процесу одиночного вагона

| V, км/год | час | шлях | дійсні | розрах. | чавун | уповіл. | похибка, % |
|-----------|------|------|--------|---------|--------|------------------|------------|
| | с | S, м | кН/т | тс/т | тс/т | м/с ² | |
| 40 | 24,9 | 165 | 1,9161 | 0,1881 | 0,3927 | 0,446 | 0,772 |
| 50 | 31,1 | 252 | 1,8515 | 0,1820 | 0,4012 | 0,447 | 0,608 |
| 60 | 37,3 | 358 | 1,8208 | 0,1790 | 0,4123 | 0,447 | 0,543 |
| 70 | 43,5 | 481 | 1,8075 | 0,1775 | 0,4240 | 0,447 | 0,515 |
| 80 | 49,7 | 624 | 1,8041 | 0,1768 | 0,4356 | 0,447 | 0,488 |
| 90 | 56,0 | 784 | 1,8054 | 0,1767 | 0,4466 | 0,446 | 0,493 |
| 100 | 62,2 | 963 | 1,8097 | 0,1768 | 0,4571 | 0,447 | 0,494 |
| 110 | 68,6 | 1160 | 1,8136 | 0,1771 | 0,4668 | 0,445 | 0,568 |
| 120 | 74,8 | 1375 | 1,8216 | 0,1775 | 0,4757 | 0,446 | 0,516 |

Таблиця 5. - Коефіцієнти сили натиснення композиційних колодок при максимальному завантаженні вагона і мінімальному тиску в гальмівному циліндрі

| V, км/год | Коефіцієнти сили натиснення композиційних колодок при максимальному осьовому навантаженні і мінімальному тиску | | | Розрахункова сила натиснення гальмівних колодок на вісь в перерахунку на чавунні колодки (тс) |
|-----------|--|--------------|--------|---|
| | дійсні | розрахункові | чавун | |
| | кН/т | тс/т | тс/т | тс |
| 40 | 1,8263 | 0,1793 | 0,3742 | 8,79 |
| 50 | 1,7647 | 0,1735 | 0,3824 | 8,99 |
| 60 | 1,7354 | 0,1706 | 0,3930 | 9,23 |
| 70 | 1,7228 | 0,1692 | 0,4041 | 9,50 |
| 80 | 1,7196 | 0,1686 | 0,4152 | 9,76 |
| 90 | 1,7207 | 0,1684 | 0,4257 | 10,00 |
| 100 | 1,7249 | 0,1686 | 0,4357 | 10,24 |
| 110 | 1,7286 | 0,1688 | 0,4449 | 10,46 |
| 120 | 1,7362 | 0,1692 | 0,4534 | 10,66 |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 6. - Гальмівні шляхи вантажного поїзда при максимальному завантаженні вагона і мінімальному тиску в гальмівному циліндрі

| V, км/год | На площадці | | |
|--------------|-------------|--------------|-----------------------------|
| | Час с | Шлях S, м | уповіл. м/с ² |
| 40 | 28,0 | 187 | -0,395 |
| 50 | 34,4 | 284 | -0,402 |
| 60 | 40,9 | 400 | -0,406 |
| 70 | 47,3 | 536 | -0,409 |
| 80 | 53,8 | 690 | -0,412 |
| 90 | 60,3 | 863 | -0,414 |
| 100 | 66,7 | 1055 | -0,415 |
| 110 | 73,3 | 1267 | -0,416 |
| 120 | 79,7 | 1497 | -0,417 |

Таблиця 7. - Порівняльна таблиця результатів дослідження до вимог ГОСТ 34434-2018

| V, км/год | до 90 включ. | | | понад 90 до 100 включ. | | | понад 100 до 120 включ. | | |
|------------------|-----------------|--------|-----|---------------------------|--------|-----|----------------------------|--------|-----|
| | ГОСТ | факт | +/- | ГОСТ | факт | +/- | ГОСТ | факт | +/- |
| S, м | 1060 | 863 | + | 1040 | 1055 | - | 1200 | 1497 | - |
| δр | 0,14 | 0,1684 | + | 0,18 | 0,1686 | - | 0,25 | 0,1692 | - |
| Сила на вісь, тс | 8,0 | 10,00 | + | 10,5 | 10,24 | - | 14,5 | 10,66 | - |

Дослідження гальмівної ефективності вагона цистерни в порожньому стані

Заміряні значення гальмівних шляхів одиночного вагона на площадці і рівняння лінії тренду наведено на рис. 4.

Дані для розрахункових досліджень вагона цистерни на ЕОМ в порожньому стані наведено на рис. 5, результати дослідження – в таблицях 8, 9, 10. При цьому похибка результатів не перевищує 0,5%.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

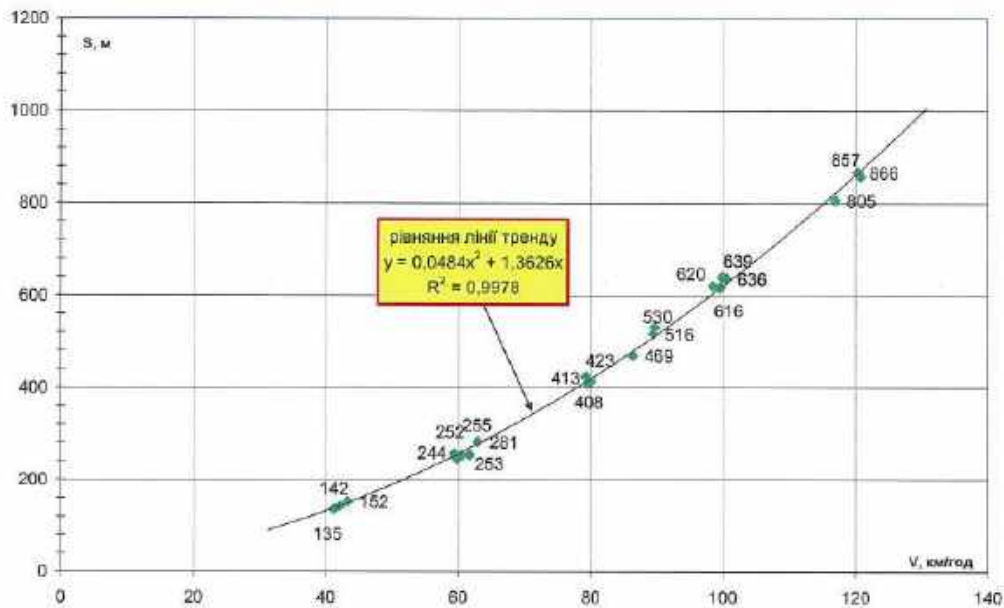


Рис. 4. Лінія тренда гальмівних шляхів вагона

| Вхідні дані для дослідження | | | | Розрахунок гальмівних характеристик | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------------------|------------|--|--|--|--|--|--|-------------------|--|---------|---------|---------|------------|---|---|---|---|---|------|---|---|---|-----|---|---|---|------|---|---|---|-----|---|---|---|------|---|---|---|-----|---|---|---|------|---|---|---|-----|---|---|---|------|---|---|----|-----|---------|--|----|------|---------|--|----|-----|---------|--|----|------|---------|--|----|-----|---------|--|----|------|---------|--|----|-----|---------|--|----|------|---------|--|----|-----|---------|--|----|------|---------|--|----|---|---------|--|----|------|---------|--|----|-----|---------|--|----|------|---------|--|----|-----|---------|--|----|------|---------|--|
| Найменування | | | | Значення | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Код вагона | | | | 15-7146 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Максимальна швидкість, км/год | vmax | 1,8 | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Запуск програми</div> <table border="1" style="margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Табірні значення гальмівних шляхів дослідженого вагона</th> <th colspan="2">порожнього вагона</th> </tr> <tr> <th>шлях, м</th> <th>шлях, м</th> <th>шлях, м</th> <th>коефіцієнт</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0,05</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>0,1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>0,15</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0,2</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>0,25</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>0,3</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>7</td><td>0,35</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>8</td><td>0,4</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>9</td><td>0,45</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>10</td><td>0,5</td><td>0,13546</td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>0,55</td><td>0,14342</td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>0,6</td><td>0,15136</td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td>0,65</td><td>0,15926</td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td>0,7</td><td>0,16714</td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>0,75</td><td>0,17506</td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td>0,8</td><td>0,18292</td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td>0,85</td><td>0,19076</td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td>0,9</td><td>0,19856</td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td>0,95</td><td>0,20636</td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td>1</td><td>0,21416</td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td>1,05</td><td>0,22192</td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td>1,1</td><td>0,22966</td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td>1,15</td><td>0,23736</td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td>1,2</td><td>0,24506</td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td>1,25</td><td>0,25276</td><td></td></tr> </tbody> </table> | | | | Табірні значення гальмівних шляхів дослідженого вагона | | порожнього вагона | | шлях, м | шлях, м | шлях, м | коефіцієнт | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,05 | 0 | 0 | 2 | 0,1 | 0 | 0 | 3 | 0,15 | 0 | 0 | 4 | 0,2 | 0 | 0 | 5 | 0,25 | 0 | 0 | 6 | 0,3 | 0 | 0 | 7 | 0,35 | 0 | 0 | 8 | 0,4 | 0 | 0 | 9 | 0,45 | 0 | 0 | 10 | 0,5 | 0,13546 | | 11 | 0,55 | 0,14342 | | 12 | 0,6 | 0,15136 | | 13 | 0,65 | 0,15926 | | 14 | 0,7 | 0,16714 | | 15 | 0,75 | 0,17506 | | 16 | 0,8 | 0,18292 | | 17 | 0,85 | 0,19076 | | 18 | 0,9 | 0,19856 | | 19 | 0,95 | 0,20636 | | 20 | 1 | 0,21416 | | 21 | 1,05 | 0,22192 | | 22 | 1,1 | 0,22966 | | 23 | 1,15 | 0,23736 | | 24 | 1,2 | 0,24506 | | 25 | 1,25 | 0,25276 | |
| Табірні значення гальмівних шляхів дослідженого вагона | | порожнього вагона | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| шлях, м | шлях, м | шлях, м | коефіцієнт | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0,05 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 0,1 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 0,15 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 0,2 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 0,25 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 0,3 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 0,35 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 0,4 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 0,45 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 0,5 | 0,13546 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 0,55 | 0,14342 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 0,6 | 0,15136 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 0,65 | 0,15926 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 0,7 | 0,16714 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 0,75 | 0,17506 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 0,8 | 0,18292 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 0,85 | 0,19076 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 0,9 | 0,19856 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 0,95 | 0,20636 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 1 | 0,21416 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 1,05 | 0,22192 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 1,1 | 0,22966 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 1,15 | 0,23736 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 1,2 | 0,24506 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | 1,25 | 0,25276 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Мінімальна швидкість, км/год | vmind | 1,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Сила навантаження, т | pn | 6,53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Фактична вага вагона, т | mfact | 25,38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Фактична сила в гальмівному шланзі, кгс/см ² | psdv | 1,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Вага терм. тс | pterm | 25,38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Початковий час, с | t01 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Початкова швидкість, км/год | v01 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | Висота шина, мм/год | W | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | Крок інтервалу часу гальмування, с | shag | 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Крок інтервалу швидкості, км/год | shag2 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | Початковий значення розрахункового гальмівного коефіцієнта | u01 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | Крок інтервалу розрахункового гальмівного коефіцієнта | u02 | 0,01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | Число інтервалів розрахункового гальмівного коефіцієнта | u0n | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | Умноження, % | n | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | Відсоток гальмівних колодок, шт | kolvo | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | Довжина вагона по осі, м | lh | 57,62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | Швидкість поширення гальмівної хвилі, м/с | skorm | 250 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | Кількість вагонів у складі поїзда, шт | koln | 82 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | нерозкашаний уміст, % | u1 | -8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | нерозкашаний уміст, % | u2 | -16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | Тип вагона | tip | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Примітка: Визначити бір відмітки вказати вагона: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | tip = 1 - вагон з пасажирським купе вагон, платформою зуммар | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | для tip = 2 - вагон з платформою, холери | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Рис. 5. Дані для розрахунку на ЕОМ гальмівної ефективності вагона-цистерни в порожньому стані

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 8. - Характеристики гальмівного процесу одиночного вагона

| V, км/год | час | шлях | дійсні | розрахункові | чавун | уповільнення | похибка, % |
|--------------|------|------|--------|--------------|--------|------------------|------------|
| | с | S, м | кН/т | тс/т | тс/т | м/с ² | |
| 40 | 21,3 | 132 | 1,6344 | 0,1928 | 0,4064 | 0,5216 | 0,733 |
| 50 | 24,5 | 189 | 1,7962 | 0,2097 | 0,4642 | 0,5669 | 0,346 |
| 60 | 27,8 | 256 | 1,9240 | 0,2228 | 0,5139 | 0,5995 | 0,183 |
| 70 | 31,0 | 333 | 2,0299 | 0,2333 | 0,5574 | 0,6272 | 0,063 |
| 80 | 34,3 | 419 | 2,1190 | 0,2420 | 0,5961 | 0,6479 | 0,031 |
| 90 | 37,7 | 515 | 2,1924 | 0,2493 | 0,6305 | 0,6631 | 0,024 |
| 100 | 41,0 | 620 | 2,2552 | 0,2553 | 0,6615 | 0,6775 | 0,021 |
| 110 | 44,3 | 736 | 2,3090 | 0,2604 | 0,6895 | 0,6897 | 0,020 |
| 120 | 47,7 | 860 | 2,3542 | 0,2647 | 0,7146 | 0,6988 | 0,002 |

Таблиця 9. - Коефіцієнти сили натиснення композиційних колодок при мінімальному тиску в гальмівному циліндрі

| V, км/год | Коефіцієнти сили натиснення композиційних колодок при мінімальному тиску | | | Коефіцієнти сили натиснення композиційних колодок при максимальному тиску | | | Розрахункова сила натиснення гальмівних колодок на вісь в перерахунку на чавунні колодки (тс) |
|--------------|--|--------------|--------|---|--------------|--------|---|
| | дійсні | розрахункові | чавун | дійсні | розрахункові | чавун | |
| | кН/т | тс/т | тс/т | кН/т | тс/т | тс/т | |
| 40 | 1,4009 | 0,1652 | 0,3483 | 1,8679 | 0,2203 | 0,4644 | 2,201 |
| 50 | 1,5396 | 0,1797 | 0,3979 | 2,0528 | 0,2396 | 0,5305 | 2,514 |
| 60 | 1,6492 | 0,1910 | 0,4405 | 2,1989 | 0,2546 | 0,5873 | 2,784 |
| 70 | 1,7399 | 0,2000 | 0,4778 | 2,3198 | 0,2667 | 0,6370 | 3,020 |
| 80 | 1,8162 | 0,2075 | 0,5109 | 2,4217 | 0,2766 | 0,6812 | 3,229 |
| 90 | 1,8792 | 0,2137 | 0,5405 | 2,5056 | 0,2849 | 0,7206 | 3,416 |
| 100 | 1,9330 | 0,2189 | 0,5670 | 2,5774 | 0,2918 | 0,7560 | 3,583 |
| 110 | 1,9791 | 0,2232 | 0,5910 | 2,6388 | 0,2976 | 0,7880 | 3,735 |
| 120 | 2,0179 | 0,2269 | 0,6125 | 2,6905 | 0,3025 | 0,8167 | 3,871 |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 10. - Гальмівні шляхи вантажного поїзда при мінімальному тиску в гальмівному циліндрі

| V, км/год | На площаді | | |
|--------------|------------|--------------|----------------------------------|
| | Час с | Шлях S, м | Уповільнення м/с ² |
| 40 | 26,5 | 171 | -0,417 |
| 50 | 30,2 | 241 | -0,458 |
| 60 | 33,9 | 323 | -0,490 |
| 70 | 37,6 | 415 | -0,515 |
| 80 | 41,3 | 518 | -0,536 |
| 90 | 45,1 | 632 | -0,553 |
| 100 | 48,9 | 757 | -0,567 |
| 110 | 52,6 | 893 | -0,579 |
| 120 | 56,4 | 1039 | -0,589 |

Результати досліджень свідчать (табл. 11), що гальмівна ефективність вагона шестерни відповідає вимогам ГОСТ 34434-2018 для швидкостей руху до 120 км/год включно.

Таблиця 11. - Порівняльна таблиця результатів дослідження до вимог ГОСТ 34434-2018

| V, км/год | до 90 включно | | | понад 90 до 100 включно | | | понад 100 до 120 включно | | |
|------------------|------------------|-------|-----|----------------------------|-------|-----|-----------------------------|-------|-----|
| | ГОСТ | факт | +/- | ГОСТ | факт | +/- | ГОСТ | факт | +/- |
| S, м | 720 | 632 | + | 890 | 757 | + | 1200 | 1039 | + |
| δр | 0,22 | 0,214 | - | 0,22 | 0,219 | - | 0,25 | 0,227 | - |
| Сила на вісь, тс | 3,5 | 3,416 | - | 3,5 | 3,583 | + | 4,5 | 3,871 | - |

Перевірка на відсутність юза (заклинювання) колісних пар виконувалася при максимальному тиску в гальмівних циліндрах (див. табл. 10) відповідно до методики [1]. Результати перевірки при максимальному тиску в гальмівному циліндрі в досліджуваному діапазоні швидкостей свідчать про виконання умови щодо недопущення юза колісних пар порожнього вагону (рис. 6).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Висновки.

1. Вагон цистерна моделі 15-7140, відповідно до вимог ГОСТ 34434-2018, може експлуатуватися в завантаженому стані при швидкостях руху до 90 км/год включно;
2. Вагон цистерна моделі 15-7140, відповідно до вимог ГОСТ 34434-2018, може експлуатуватися в порожньому стані при швидкостях руху до 120 км/год включно.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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. 31 с.
2. Сафронов А. М. Тормозная эффективность грузовых вагонов. Методология расчетных и экспериментальных исследований с использованием математических моделей и компьютерного моделирования (монография) // А.М. Сафронов, Е.Г., Ю.Я. Водяников, Е.Г. Максеев – Кременчуг, Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения (УкрНИИВ) 2018 г. – 174 с.

S.V. Kukin*

State Enterprise «Ukrainian Research Railway Car Building Institute» (DP «UkrNDIV»)
33, Prykhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: +830673063006, E-mail: kukasv@rambler.ru

Yu.Ya. Vodlannikov

State Enterprise «Ukrainian Research Railway Car Building Institute» (DP «UkrNDIV»)
33, Prykhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: +830501859807, E-mail: vodyann@i.ua

Ye.R. Mozheiko

Private Joint Stock Company «Kryukovsky Railway Car Building Works» PJSC «KCBW»
139, Prykhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 51925, Ukraine
Tel.: +830675313098, E-mail: gruzvag@kvsz.com

A.Ye. Mozheiko

State Enterprise «Ukrainian Research Railway Car Building Institute» (DP «UkrNDIV»)
33, Prykhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: +830689218675, E-mail: antimantou@gmail.com

S.A. Pavlov

State Enterprise «Ukrainian Research Railway Car Building Institute» (DP «UkrNDIV»)
33, Prykhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: +830671398971, E-mail: pavlik86@ukr.net

EVALUATION OF THE BRAKING EFFICIENCY OF TANK CAR MODELS 15-7140 FOR COMPLIANCE WITH REQUIREMENTS OF GOST 34434-2018

Results for study of the braking efficiency of tank car model 15-7140 for compliance with requirements GOST 34434-2018 are given. Research was performed using method of "throwing", and data processing was performed using special drawn up ECM program taking into account actual tank parameters. Braking coefficients of a single car were recalculated to maximum car loading taking into account axle loading, and to minimal

pressure in the braking cylinder of loaded and empty cars. It was determined that the braking distance of the train of the site of loaded tank cars model 15-7140 corresponds to the braking efficiency requirements of GOST 34434-2018 for running speeds of 90 km/h, braking distances of the empty car are within acceptable values for speeds to 120 km/h inclusive.

Key words: braking efficiency, freight car, braking distance, rod gear, braking coefficients

REFERENCES

1. GOST 34434-2018. Tormoznye sistemy gruzovykh zheleznodorozhnykh vagonov. Tekhnicheskie trebovaniya i pravila rascheta [Brake systems of freight railways cars. Technical requirements and calculation rules]. Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (ISS), adopted on October 30, 2018 (Minutes № 113-P), Moscow, Standardinform, 2018. pp.31
2. Safronov, A.M., Vodiannikov Yu.Ya, Makeeva (2018) Tormoznaya effektivnost gruzovykh vagonov. Metodologiya raschetnykh i eksperimentalnykh issledovanij s ispolzovaniem matematicheskikh modelej i kompyuternogo modelirovaniya [Brake efficiency of freight cars. Methodology of calculation and experimental research using mathematical models and computer modeling]. monograph. Kremenchug. Ukrainian Research Railway Car Building Institute (UkrNIIV). p. 174.

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 (слів)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.

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.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

6. Текстові матеріали готуються та друкуються на аркушах білого одностороннього паперу з використанням комп'ютерних текстових редакторів MS Word for Windows, для набору формул використовують вбудовані редактори рівнянь, табличні матеріали можуть готуватись з використанням електронних таблиць (MS Excel). При цьому має застосовуватись шрифт Times New Roman.

7. Параметри сторінки Збірника встановлені такі:

- розмір сторінки – 210x297 (A4)
- орієнтація книжна
- поля верхні та бокові – 35 мм;
- поле нижнє – 45 мм;
- відступ від верхнього колонтитула – 12 мм;
- відступ від нижнього колонтитула – 20 мм.

Верхній і нижній колонтитули, а також номери сторінок не вводити.

Текст, формули, таблиці, рисунки, діаграми, схеми розміщуються на сторінці в одній колонці. Відступ першого рядка абзацу – 5 мм, інтервал між рядками – одинарний.

8. Матеріали набирають такими шрифтами:

- УДК – 11 пунктів, курсив, вирівнювання тексту по лівому краю;
- автори – 12 пунктів, напівжирний курсив вирівнювання тексту по лівому краю;
- **НАЗВА СТАТТІ** – усі прописні літери, 12 пунктів, напівжирний вирівнювання тексту по центру;
- **анотація** – 11 пунктів, напівжирний курсив вирівнювання тексту по ширині;
- **Ключові слова** (5–12 окремих слів та/або у складі декількох словосполучень) – з вирівнюванням по ширині
- **основний текст** – 11 пунктів, звичайний вирівнювання тексту по ширині;
- **слова Рисунок, Таблиця, Діаграма, Схема та їхні номери** – 11 пунктів, курсив;

Рис. 1. Зовнішній вигляд

Таблиця 1. – Окремі характеристики

- **назви рисунків, таблиць, діаграм, схем** – 11 пунктів, напівжирний, вирівнювання тексту по центру;
- **© Дьоміна А. К., 2018** – 12 пунктів, напівжирний курсив вирівнювання тексту по лівому краю;
- **заголовки в підрозділі** – 11 пунктів, напівжирний, вирівнювання тексту по лівому краю.
- **ЛІТЕРАТУРА** – 11 пунктів, напівжирний, вирівнювання тексту по центру;
- **Джерела в списку** – 9 пунктів звичайним шрифтом, вирівнювання тексту по ширині;

9. Усі рисунки, таблиці, діаграми повинні мати назви та номери (у випадку, коли в одному матеріалі міститься два і більше названих елементів):

Якщо після тематичного заголовка підпису наводиться розшифрування, то між ними ставиться двокрапка і розміщену далі розшифровку набирають шрифтом 9 пт, наприклад:

Рис. 15. Дисконе 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.

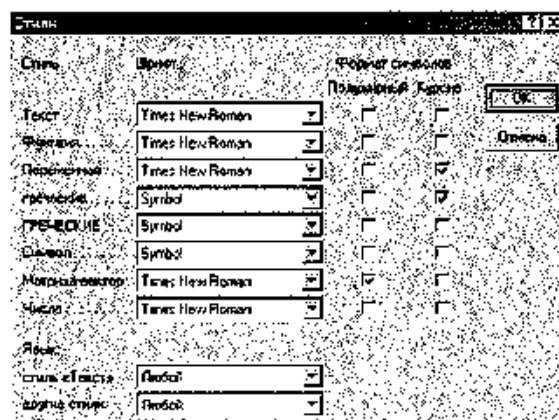
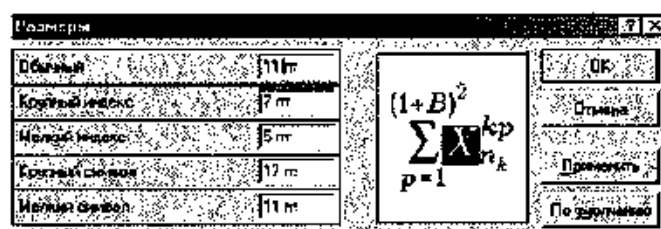
Якщо таблиця не вміщається на одній сторінці, всі її колонки нумерують, а над перенесеною частиною таблиці справа надписують: «Продовження табл. 1» або «Закінчення табл. 1»

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.
- 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.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- Двокрапку перед формулою ставлять лише у випадках, передбачених правилами пунктуації: а) у тексті перед формулою є узагальнююче слово; б) цього вимагає побудова тексту, що передує формулі.
- Розділовими знаками між формулами, котрі йдуть одна за одною і не відокремлені текстом, можуть бути кома або крапка з комою безпосередньо за формулою до її номера.
- Параметри редактора формул:



- Забороняється розмішувати окремі об'єкти (ілюстрації, підписуночні підписи, формули) у середині таблиці!

12. ЛІТЕРАТУРА

- обсяг – 7-20 джерел (за виключенням оглядових статей);
- більша частина джерел повинна відображати сучасний стан наукових досліджень та бути не старша 10 років;

(бібліографічний опис джерел, використаних при підготовці статті, мовою оригіналу), оформлений згідно зі стандартом ДСТУ 8302:2015.

13. Всі бібліографічні описи джерел подаються мовою оригіналу. При посиланні на використану літературу потрібно зазначити назву використаного видання 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 ретроспективою не більше 5 років.

15. Інтервали між елементами матеріалу такі:

- УДК – автори – 2;
- автори – назва статті – 3;
- назва статті – анотація – 2;
- анотація – основний текст – 1;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- 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.

In the article only in case of urgent need and in a limited number of tables are allowed, deployed vertically (landscape orientation).

Tables are typed in Microsoft Word.

Tables of the same nature should be designed uniformly throughout the publication (fonts, rulers, headings and columns, line breaks, etc.).

The table should be printed as close as possible to the first reference to it in the text.

If the table does not fit on one page, all its columns are numbered, and above the transferred one part of the table on the right is inscribed: "Continuation of the table. 1 "or" End of table.1 »

11. Formulae

- When using formulas it is necessary to adhere to certain technical-orthographic rules.

- Graphic files with formulas, graphs, figures, diagrams and photographs should be located in the text in the MS Word box. The formula number should be affixed to the right at the end line, in parentheses, without going to the field. The formulae should be located on the page by the center. An interval of one line should be maintained formulae and the text.

- The formulae should be entered in the graphical editor "Equation Editor" for "Windows". Latin letters and notation of values (symbols) in italics, Ukrainian and Russian letters are to be executed in direct font only.

- An explanation of the values of the symbols and numerical coefficients should be given directly under formula in the order in which they are given in the formula. The value of each character and the numerical coefficient should be entered from a new line. The first line of explanation begins from the word "where" without a colon.

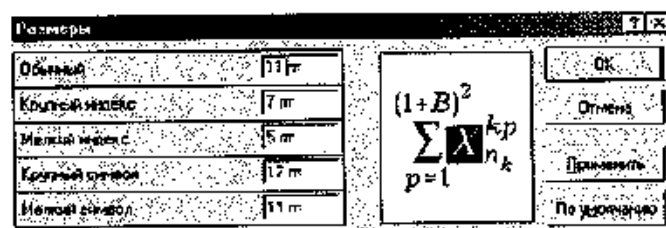
- Equations and formulae should be separated from the text by free lines. Above and below each formula at least one free line should be left. If the equation does not fit in one line, it should be moved after the equal sign (=) or after the signs plus (+), minus (-), multiplication (·) and division (:).

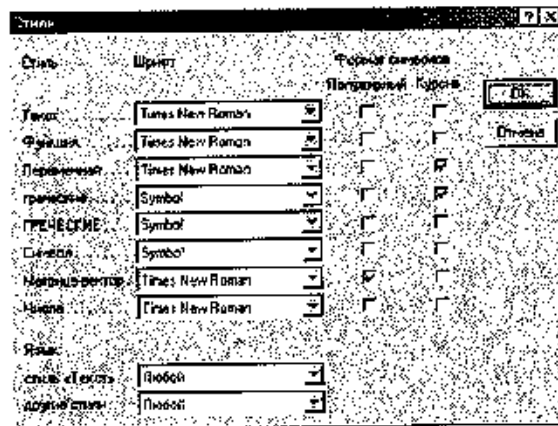
- The general rule of punctuation in the text with formulae is as follows: the formula is included in the sentence as its equal element. Therefore, at the end of the formulae and in the text before them punctuation marks should be put in accordance with the rules of punctuation.

- A colon is placed before the formula only in cases provided by the punctuation rules: a) if in the text before the formula there is a generalizing word; b) if it is required by the composition of the text preceding the formula.

- As separating characters between formulae that follow each other and are not separated by the text, a comma or semicolon immediately following the formula to its number can be used.

- Formula editor parameters:





• **It is forbidden** to place individual objects (illustrations, captions, formulas) in the middle of the **table!**

12. REFERENCES

- volume is 7-20 sources (excluding review articles);
- Most sources should reflect the current state of research and be not older than 10 years; (bibliographic description of the sources used in the preparation of the article should be presented in the original language) and executed in accordance with the standard DSTU 8302: 2015.

13. All bibliographic descriptions of sources should be given in the original language. When referring to documents cited the name of the publication used and (in square brackets in regular font) its number in the list should be indicated, for example: «... and are determined by the tariff scheme of the Price list 0-01 [2] ».

14. The list should include modern English literature not older than 5 years.

15. The intervals between the elements of the material are as follows:

- UDC - authors - 2;
- authors - title of the article - 3;
- title of the article - annotation - 2;
- annotation - main text - 1;
- main text - the name of the table (upper edge of the figure, diagrams, charts) -2;
- name of the table - its upper edge (lower edge of the figure, charts, diagrams - their names) - 1;
- the lower edge of the table (name of the figure, diagram, charts) - the main text -2;
- main text - copyright mark - 1;
- main text - REFERENCES - 1;
- REFERENCES - list of references - 1.

If the publication is not entirely in English, each non-English publication should be accompanied by an annotation in English of at least 1800 characters, including keywords.

The format of the text block in English and Latin should meet the requirements for the drawing-up of the article: full list (co) authors; information about (co) authors; article title; annotation; keywords and should be located across the width of the page after the REFERENCES.

References is a transliterated bibliography (Latin letters), APA standard and presented after the English annotation.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

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 вагонобудування»*

Випуск 21

(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: Сафронів О.М.
Відповідальний за випуск: Гладких І. В.
Комп'ютерна верстка: Лупітько Н.В.

Підписано до друку 24.12.2020 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