МІНЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
ВАГОНОБУДУВАННЯ»

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

ВИПУСК 23 (2021)

Кременчук 2021

УДК 656:2

Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад» ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА «УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ВАГОНОБУДУВАННЯ» Міністерства економіки України. - Вип.23. - Кременчук: Вид-во ДП «УкрНДІВ», 2021. – 173 с.

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

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

Редакційна колегія:

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

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

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

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

Багров О.М., кандидат технічних наук;

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

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

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

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.

Рекомендовано до друку Редакційною колегією (протокол № 21 від 03.12.2021 р.) та Науково-технічною радою ДП «УкрНДІВ»(протокол № 6 від 15.12.2021 р.).

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

E-mail: office@ukrndiv.com.ua

www.ukrndiv.com.ua

ISSN 2304-6309

e-ISSN 2709-3018

© ДП «УкрНДІВ», м. Кременчук, 2021

MINISTRY OF ECONOMY OF UKRAINE

STATE ENTERPRISE
"UKRAINIAN RAILWAY CAR BUILDING RESEARCH INSTITUTE"

COLLECTION OF RESEARCH PAPERS

"Railbound rolling stock"

ISSUE 23 (2021)

Kremenchuk 2021

UDC 656:2

Collection of research papers "Railbound rolling stock" of the STATE ENTERPRISE "UKRAINIAN SCIENTIFIC RAILWAY CAR BUILDING RESEARCH INSTITUTE" of the Ministry of Economy of Ukraine. - Issue 23. - Kremenchuk: SE UkrNDIV Publishing House, 2021. - 173 p.

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

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

Editorial Board:

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

Sulym A.O., Ph. D in Engineering, Senior Researcher (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

Recommended for publication by the Editorial Board (Minutes № 21 of 03.12.2021) and Scientific and Technical Council of UkrNDIV (Minutes № 6 of 15.12.2021).
Founder and publisher is the State Enterprise
"Ukrainian Railway Car Building Research Institute"
E-mail: office@ukrndiv.com.ua
www.ukrndiv.com.ua

ISSN 2304-6309
e-ISSN 2709-3018

© DP "UkrNDIV", Kremenchuk, 2021

ЗМІСТ
РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

О.М. Сафронов Привітання колективу з нагоди 60 - річчя від дня заснування ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА «УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ВАГОНОБУДУВАННЯ»..... 7

А.О. Сулим, І.В. Гладких 60-річна діяльність ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА «УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ВАГОНОБУДУВАННЯ»..... 8

О.М. Сафронов, Ю.Я. Водянніков Особливості критеріїв гальмівної ефективності вантажних вагонів відповідно до вимог ГОСТ 34434..... 22

А.М. Сафронов, А.А. Сулим, Ю.Я. Водянников, П.А. Хозя, В.С. Речкалов Процедура и алгоритм определения коэффициента запаса прочности грузового вагона с учетом современных требований..... 31

А.О. Сулим, А.М. Стринжа, О.О. Бородай, В.В. Федоров Технічні характеристики та шляхи удосконалення вагонів-думпкарів для промислового транспорту..... 54

М.О. Багров Оцінка технічних можливостей виробництва клем типу ПК роздільного рейкового скріплення залізничної колії..... 74

Ж.О. Семко Знаки небезпеки. Форма, порядок застосування та нанесення..... 83

А.М. Сафронов, Ю.Я. Водянников, Е.Г. Макеева Определение параметров тормоза грузового вагона по заданным критериям тормозной эффективности поезда (четырехосные полувагоны, крытые вагоны, платформы, думпкары)..... 101

О.М. Сафронов, Ю.Я. Водянніков, П.О. Хозя, А.Є. Можейко Гальмівна ефективність кар'єрних поїздів з шестивісними думпкарами підвищеного осьового навантаження до 27,7 тс..... 111

О.М. Сафронов, Ю.Я. Водянніков, О.Г. Макеєва, Д.І. Єськов Алгоритм визначення гальмівної ефективності залізничних поїздів промислового транспорту..... 127

А.М. Сафронов Концепция оценки тормозной эффективности грузовых поездов по результатам экспериментальных исследований в разрезе требований ГОСТ 34434-2018..... 140

Вимоги до оформлення статей..... 164

CONTENTS
«RAILBOUND ROLLING STOCK»

O.M. Safronov Congratulations to colleagues on the 60-th anniversary of the founding of the STATE ENTERPRISE "UKRAINIAN SCIENTIFIC RAILWAY CAR BUILDING RESEARCH INSTITUTE"..... 7

A.O. Sulym, I.V. Hladkykh 60 years of activity of the STATE ENTERPRISE "UKRAINIAN SCIENTIFIC RAILWAY CAR BUILDING RESEARCH INSTITUTE"..... 8

O.M. Safronov, Yu.Ya. Vodiannikov Aspects of braking efficiency criteria for freight wagons under the latest rules of HOST 34434-18.....22

O.M. Safronov, A.O. Sulym, Yu.Ya. Vodiannikov, P. A. Hozya, V.S. Rechkalov Procedure and algorithm for determining the coefficient of the freight wagon stability in compliance with current requirements..... 31

A.O. Sulym, A.M. Strynzha, O.O. Borodai, V.V.Fedorov Technical characteristics and ways of dump cars upgrading for industrial transport..... 54

M.O. Bahrov Assessment of technical possibilities for production of pk-type terminals for separate rail fastening of the railway track..... 74

Zh. O. Semko Hazard labels. Label design, application and usagerules..... 83

O.M. Safronov,Yu.Ya. Vodiannikov, O.G. Makeieva Determination of freight wagon parameters according to the specified criteria of the train braking efficiency *(four-axle gondola cars, covered cars, platforms, dump cars)*..... 101

O.M. Safronov, Yu.Ya. Vodiannikov, P.O. Khozia, A.E. Mozheiko Braking efficiency of quarry trains with six-bogies dump cars of the increased axial load up to 27.7 tf..... 111

O.M. Safronov, Yu.Ya. Vodiannikov, O.G. Makeieva, D.I. Yeskov Algorithm for determination of brake efficiency of industrial railway trains..... 127

O.M. Safronov An approach to evaluation of freight trains braking efficiency by the results of experimental studies in compliance with HOST 34434-2018 requirements..... 140

Requirements for drawing-up of articles..... 169

ПРИВІТАННЯ КОЛЕКТИВУ З НАГОДИ 60 - РІЧЧЯ ВІД ДНЯ ЗАСНУВАННЯ ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА «УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ВАГОНОБУДУВАННЯ»

Шановні колеги!

Дозвольте привітати Вас зі знаменною подією - **60-річчям** бездоганної діяльності нашого підприємства від дня заснування. Це без перебільшення визначна дата в житті всього колективу.

Ми досягли значних успіхів і нам є чим пишатися. Не дивлячись на складні економічні умови, ми працюємо, і я впевнений, що будемо працювати ще щонайменше 60 років. Ми довели, що здатні йти вперед навіть у найскладніші часи, і готові вирішувати всі поставлені перед нами завдання. Але найголовніше – це наш великий колектив однодумців, для яких наше рідне підприємство стало важливою невід'ємною частиною життя!

Я вдячний всім, та кожному окремо за сумлінну роботу, самовідданість та професіоналізм, результативність у виконанні своїх фахових обов'язків.

Підприємство працює завдяки всім вам. Хай належним чином оцінюється ваш високий професіоналізм та відповідальність. Нехай розвивається наша з вами спільна справа та підприємство!

Щиро бажаю всьому колективу міцного здоров'я, добробуту, безупинного руху до успіхів, наснаги, оптимізму, впевненості у майбутньому, натхнення в щоденній праці, реалізації творчих планів, нових здобутків, блискучих ідей та реальних можливостей для їхнього втілення! Хай Вам щастить на нелегкому, але почесному професійному шляху!

Директор ДП «УкрНДІВ» **Олександр Сафронов**

60-РІЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА «УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ВАГОНОБУДУВАННЯ»

ДП «УкрНДІВ» є єдиною науково-дослідною організацією в Україні, що займається проблемами практично всього комплексу рейкового рухомого складу – як магістрального так і відомчого, як пасажирського так і вантажного. Загальнодержавне значення інституту полягає у виконанні унікальних наукових досліджень у галузі залізничного машинобудування.

Історія народження Державного підприємства «Український науково-дослідний інститут вагонобудування» розпочалася у ***1961*** році коли Україна була флагманом в галузі вантажного вагонобудування, в той час біля 50 % усіх вантажних вагонів СРСР випускалось українськими підприємствами. Для забезпечення виробництва та постачання залізничному транспорту вантажних вагонів поліпшених конструкцій, які відповідали вимогам експлуатації того часу, Рада Міністрів СРСР видала постанову за номером 623 від 13 липня 1961 р. зі створення на базі Всесоюзного науково-дослідного інституту вагонобудування (м. Москва) філію у м. Кременчук (Україна) по вантажним вагонам з покладенням функцій виконання науково-дослідних робіт щодо створення нових прогресивних типів вагонів і поїздів, а також по удосконаленню і уніфікації вагонів, які серійно випускалися. На виконання згаданої постанови Державним комітетом Ради Міністрів СРСР з автоматизації та машинобудування наказом № 298–к від 19 грудня 1961 р. був виданий наказ про призначення директором філії Стулішайка Івана Гавриловича. Таким чином і був створений науково-дослідний підрозділ зі створення вантажних вагонів у м. Кременчук.

Стулішайко Іван Гаврилович – директор філії (1961-1969)

За перші п'ять років колектив виріс до 62 чоловік, а обсяг робіт на той час складав 160 тис. карбованців. Держава у 1965 році виділила Кремечуцькій філії ВНДІВ вантажний автомобіль з критим кузовом, а у 1967 році вагон-лабораторію.

З того часу філією проводились і до цього часу проводяться повномасштабні експериментальні дослідження щодо визначення ходових якостей нового рухомого складу.

Починаючи з 1965 р. Кременчуцькою філією ВНДІВ виконується комплекс наукових та експериментальних досліджень вагонів-цистерн для кальцинованої соди вантажопідйомністю 47 т, їх експлуатаційних якостей. У ці роки розпочалися перші глибокі теоретичні дослідження щодо розробки та створення нових вантажних вагонів, їх надійності та модернізації з удосконаленням існуючих на той час конструкцій вантажних вагонів. Велика увага приділялась питанням підвищення довговічності конструкції.

Другу п'ятирічку присвячено створенню своєї експериментальної бази, якій Іван Гаврилович приділяв значну увагу починаючи з першої палі, що була закладена в 1965 р, а потім вагомий внесок в створення та доведення до здачі вніс Адольф Олександрович Радзіховський.

Радзіховський Адольф Олександрович - директор Кременчуцької філії ВНДІВ (1969-1999)

У ***1969*** році колектив Кременчуцької філії ВНДІВ очолив Радзіховський Адольф Олександрович (д.т.н., с.н.с.) лауреат державної премії СРСР, заслужений машинобудівник України.

Неймовірну працю та море енергії було вкладено колективом під його керівництвом з тим, щоб база запрацювала до кінця 1970 року. У нових приміщеннях з'явились перші електронно-обчислювальні комплекси. Титанічна праця приділялась підбору та підготовці наукових кадрів. На перший план нового керівництва були роботи щодо тісної співпраці інженерно-технічних працівників та науковців. Значна кількість інженерів-практиків у філію була запрошена з Уральського вагонобудівного заводу.

В м. Кременчук у ***1971*** році на базі філіалу створюється Всесоюзний науково-дослідний, проектно-технологічний інститут вагонобудування чисельністю 600 чол. Крім наукових досліджень зі створення нових конструкцій вантажних вагонів, інститут проводить розробки щодо створення та впровадження нових технологічних процесів виготовлення вагонів, в комплексі з процесами литва, штамповки, зварювання, механічної обробки та складання, створення проектів механізації і автоматизації основних та допоміжних процесів у виробництві вагонної продукції, вибору матеріалів для вагонних конструкцій та методів їх антикорозійного захисту, створення нестандартного обладнання та інше.

У ***1972*** році на території Кременчуцького сталеплавильного заводу була виділена дільниця для будівництва стендового обладнання. На цій дільниці науковці філії проводили експериментальні дослідження великогабаритного литва на втому (надресорні балки та бокові рами вантажних вагонів, а пізніше і таких деталей та вузлів, як п'ятник, поглинальний апарат, корпуси автозчепів, клини, осі вагонні та інші).

Протягом ***1975-1978*** років виконуються роботи з освоєння вагонів для перевезення мінеральних добрив; 8-ми вісних вагонів-самосвалів (думпкарів) з електрогідравлічною системою розвантаження, призначених для перевезення поверхневих порід; комплексні дослідження щодо можливості зменшення металоємності конструкцій вагонів-хоперів та вагонів-цистерн; роботи з вибору параметрів вагонів з аеропневморозвантаженням для дисперсних вантажів малих розмірів. Ці роботи проводились науково-дослідними відділами 6 та 7 під керівництвом завідувачів – Стерінзат Я. М. та Царапкін В. О., також завідувачів лабораторіями Тененбаум Б.Я., Лагута В.С., Носач В.М., Дьяченко М.С., і наступними науковими співробітниками: Кіницька Г.П., Троцький М.В., Речкалов С.Д., Водянніков Ю.Я., Трубачов Ю.О. та багатьма іншими науковцями.

Роки праці у Кременчуцькому Всесоюзному науково-дослідному, проектно-технологічному інституті вагонобудування стали плідними для відділів 6 та 7, які 21.08.78 р. згідно наказу № 281 Мінважмаш СРСР були виділені зі складу ВНДПТІВагон і передані в склад ВНДІВ з місцем знаходження в м. Кременчук в ранзі спеціалізованого галузевого відділу по вантажним вагонам. У ці роки був створений вагон-цистерна для Байкало-Амурської магістралі (БАМ) в габариті «Т», творчим керівником цієї розробки був завідувач лабораторії Лагута В.С. Виконува-

лися також прикладні дослідження щодо створення швидкісного візка для вантажних вагонів та гальмівної системи до нього. Під керівництвом Лагути В.С. проводяться прикладні наукові дослідження щодо впровадження у виробництво вагонів-цистерн нового покоління для вантажів, які легко становляться твердими при зниженні температури.

Значних успіхів галузевий відділ ВНДІВ досягнув у *1981* році. На той час в галузевому відділі ВНДІВ працювало 7 кандидатів технічних наук, 67 співробітників мали вищу освіту та 24 співробітники середню спеціальну освіту (технікуми). Загальна чисельність співробітників відділу була на рівні 125 чоловік. Обсяги НДР склали 417,22 тис. крб. Річний план був виконаний на 101%. Фактичний економічний ефект від розробок відділу склав 2 млн. 573 тис. крб., фактична економія металу – 153,7 т, а трудомісткість виготовлення продукції була знижена на 3000 н/год. На першому плані також постійно стояло питання підвищення кваліфікаційного та наукового рівня співробітників. За створення та освоєння серійного виробництва сімейства вагонів хоперів у 1981 році присуджена Державна премія СРСР колективу авторів, серед яких заступник директора інституту Ребенок Анатолій Георгієвич.

1984 рік стає початком комплексу робіт з обстеження технічного стану вагонів з метою продовження терміну їх експлуатації понад призначений, установлений заводом виробником.

У *1985 та 1988* роках в галузевому відділі працює 14 кандидатів технічних наук та 1 доктор технічних наук (у 1988 році без відриву від виробництва ступінь доктора технічних наук здобув Радзіховський А.О.). Інститутом одержано 158 авторських свідоцтв та патентів на винаходи, 50 із яких впроваджено у виробництво, опубліковано понад 400 наукових праць. Кращим винахідником інституту Трубачовим Ю.О. разом з співробітниками інституту та іншими працівниками підприємств галузі одержано 79 авторських свідоцтв та патентів на винаходи. Інститут співпрацює з багатьма відомими фірмами та установами Франції, Німеччини та інш.

Колектив лабораторії цистерн і спеціалізованих вагонів для перевезення рідинних та газоподібних вантажів (Зліва - направо к.т.н. Донченко А.В., к.т.н Лагута В.С., Смольська Т.К., к.т.н. Олещак В.С., Реєв Г.Ф., к.т.н. Водянников Ю.Я., Щербатенко Л.І., Холод Ю.О., Перель І.Л.)

На базі галузевого відділу 05.12.1990 року створено Український філіал ВНДІВ, який очолив д.т.н. Радзіховський А.О., заступником директора філії ВНДІВ 15.01.1991 року був призначений к.т.н. Лагута В.С. Здобуття не залежності України на своєму старті мало як свої здобутки, так і певні втрати через розрив цілого ряду нанапрацьованих за десятки років зв'язків міжгалузевої спеціалізації колишніх республік СРСР.

З метою збереження наукового потенціалу у галузі важкого транспортного машинобудування для колійного транспорту держави, на базі Української філії ВНДІВ 01.12.1991 р. був створений ***Державний науково-дослідний інститут вагонобудування*** (далі - УкрНДІВ), з покладанням на нього обов'язків зі здійснення НДР, пов'язаних із створенням нових прогресивних типів вантажних вагонів магістральних залізниць та промислового транспорту, а також удосконаленням та уніфікацією вагонів, що серійно будувалися на підприємствах України. УкрНДІВ призначений Головною Державною організацією за напрямком проведення випробувань продукції вагонобудування та ливарного виробництва для вагонобудування. Вже у 1992 р. інститутом здійснювалась діяльність щодо реалізації Державної програми розвитку залізничного транспорту України в галузі вантажного і пасажирського вагонобудування, а також організації виробництва в Україні необхідних комплектуючих для вагонобудування.

1994 р. став роком, присвяченим виконанню комплексу НДР зі створення та організації виробництва в Україні пасажирських вагонів. Виконані теоретичні дослідження щодо визначення можливості використання на залізницях України різних візків західно-європейських конструкцій та вибору перспективних конструкцій візків. Інститутом розпочалася розробка комплексної науково-технічної програми щодо розвитку вагонобудування в Україні. Проведені порівняльні ходові, динаміко-міцнісні та гальмівні випробування пасажирських вагонів на візках люлькової та безлюлькової конструкцій. Розроблені технічні вимоги до повітророзподільника для вагонів з гальмівними системами KNORR BREMSE та залізниць СНД, Латвії, Литви, Естонії та Грузії. Розроблений та виготовлений котел (разом з ВАТ «КВБЗ») підвищеної ефективності з механізованою подачею палива.

На базі Державного Українського науково-дослідного інституту вагонобудування на підставі спільного наказу Державного Комітету України зі стандартизації, метрології та сертифікації (Держспоживстандарт України) і Міністерства машинобудування, військово-промислового комплексу України від 16 червня 1993 року за № 265/87 для робіт з проведення сертифікації в Державній Системі сертифікації УкрСЕПРО було створено Орган з сертифікації продукції вагонобудування.

Донченко Анатолій Володимирович – директор ДП «УкрНДІВ» (2000-2017)

Разом з тим, починаючи з 1995 р., відбувається недофінансування за усіма напрямками наукової діяльності робіт з боку держави. За період з 1995 по 1999 рік чисельність інституту скоротилася з 95 до 49 співробітників. У складі інституту залишилося лише 2 кандидати технічних наук.

З січня ***2000*** р. інститут очолив кандидат технічних наук Донченко Анатолій Володимирович. На той час чисельність інституту становила 49 чоловік, а річний обсяг робіт складав 755 тис. грн. В першу чергу головним завданням перед собою та колективом інституту Донченко А.В. поставив розширення сфери діяльності за напрямками та географії наукової співпраці з провідними науковими і виробничими фірмами.

Протягом 2000 р. виконувались роботи за напрямками: дослідження і обґрунтування напрямків розвитку галузі вагонобудування і рухомого залізничного транс-

порту, розробка на їх основі та впровадження державних програм, наприклад Державної програми «Розвиток рейкового рухомого складу соціального призначення для залізничного транспорту та міського господарства».

В межах цієї програми у 2001 році освоєний перший український вагон у створення якого, разом з ВАТ «КВБЗ», вагомий внесок зробив УкрНДІВ. Загалом за 2001 рік було виконано 48 науково-дослідних робіт. Серед найважливіших є роботи з проведення науково-експериментальних досліджень зі створення гами нових типів пасажирських вагонів. У той же час проводиться велика кількість досліджень зі створення та впровадження вантажних вагонів. Розроблена галузева нормативно-технічна програма «Розвиток відомчого залізничного транспорту для забезпечення вантажних перевезень на підприємствах України». Протягом 2000-2001 рр. обсяги виконаних робіт збільшилися у 2 рази. Відповідно збільшився і чистий прибуток від фінансово-господарської діяльності за цей період. Збільшилась заробітна плата співробітників інституту, а головне, з 01.01.2000 р. заробітна плата виплачувалась вчасно без затримок, тоді як, у період з 1992 по 1999 рік заборгованість по заробітній платі співробітникам сягала в окремі періоди до 9 місяців.

На той час випробувальний центр УкрНДІВ був єдиним в Україні, акредитованим в Системі Сертифікації на залізничному транспорті Російської Федерації, на право проведення сертифікаційних випробувань та має дозвіл (Свідоцтво) і в теперішній час на право проведення діагностування вагонів на всій території країн СНД, Латвії, Литви, Естонії, Грузії.

Починаючи з ***2002*** р. УкрНДІВ визначений як головна організація по науково-технічному забезпеченню за напрямками: створення рухомого складу магістрального залізничного транспорту, відомчого залізничного транспорту, міського залізничного транспорту, а також транспорт для колійного господарства України в цілому. Одним з перших вітчизняних пасажирських вагонів прийнятих до постійної експлуатації був вагон моделі 61-779.

З'явились певні надії та сподівання щодо розвитку вітчизняних залізниць з початком у ***2004*** році робіт зі створення та розробки «Державної програми розвитку машинобудування на 2006-2011 роки» та з 2005 р. «Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки». Вагомий внесок у створення цих програм внесли науковці УкрНДІВ. З'явились масштабні проекти, а інститут одержав контракти, замовлення, зокрема державні на виконання завдань згаданих вище програм. Проводиться цілий комплекс науково-дослідних та прикладних робіт щодо розробки нового, ефективного та конкурентоспроможного рухомого складу. Також активно розпочалося проведення комплексу робіт щодо створення нормативної бази для залізничного транспорту України технічним комітетом ТК-83 «Вагони» під керівництвом Донченко А.В., який також у ті часи входив до складу Громадської ради при Держстандарті України.

2009 рік ознаменований проведенням наукових досліджень та проведенні експериментальних досліджень нового пасажирського та вантажного рухомого складу, а також вагонів для метрополітенів України. Комплекс досліджень динамікоміцнісних, ходових та динамічних якостей вагонів метро моделей 81-7021 та 81-7022 виробництва ВАТ «КВБЗ», який створений у тісній співпраці з ДП «УкрНДІВ» дозволив запустити у постійну експлуатацію перший український поїзд метро в КП «Київський метрополітен». У цьому ж році продовжується комплекс науково-експериментальних досліджень вагона пасажирського купейного

(типу СВ) моделі 61-788Б виробництва ВАТ «КВБЗ» з метою можливості постановки його на виробництво.

За договором з Мінпромполітики України у 2009 році проводилась науково-дослідна робота за темою «Дослідження причин відмов електрообладнання пасажирських вагонів швидкісних поїздів та визначення показників надійності». Результати досліджень за цією темою дозволили підприємствам, що виготовляють електрообладнання для вітчизняного пасажирського вагонобудування, розробляти нові та удосконалювати існуючі елементи систем електрообладнання, які дозволили підвищити надійність та дозволили забезпечити вимоги, що пред'являються, з метою забезпечення безпеки руху та безпеку пасажирів під час перевезень. У 2009 році виконаний комплекс досліджень щодо впровадження нового покоління напіввагонів з підвищеними техніко-економічними характеристиками для вагонобудівних підприємств України: ВАТ «КВБЗ», ВАТ «Стаханівський вагонобудівний завод», ВАТ «Азовмаш», ВАТ Дніпровагонмаш», а також вагона для перевезення окатишів ВАТ «Дизельний завод».

У цьому році були завершені науково-дослідні роботи, щодо використання на залізницях України візків моделі CG Motion Control (США) та платформи для перевезення великотоннажних контейнерів виробництва ВАТ «Стаханівський вагонобудівний завод». Разом з ТОВ «Софія-Інвест» проводились роботи зі створення візка з осьовим навантаженням 25 тс, та вантажопідйомністю 76 т. Проведені науково-експериментальні дослідження щодо впровадження на залізницях України підшипників касетного типу з гарантованим пробігом 800 тис.км. замість 170 тис. км., що знаходились в експлуатації на той час та знаходяться ще й сьогодні. З метою розробки нормативно-технічної бази документів, які забезпечували б створення в Україні електропоїздів для організації міжрегіонального сполучення, з IV кв. 2011 р. інститутом на замовлення ПАТ «КВБЗ» розпочата розробка галузевих стандартів: СОУ Електропоїзди регіональні залізниць України. Загальні технічні вимоги; СОУ Електропоїзди регіональні залізниць України. Вимоги безпеки. Інститут також приймав участь у виконанні «Державної програми розвитку внутрішнього виробництва» в частині проведення науково-експериментальних досліджень технічних характеристик міжрегіонального двосистемного електропоїзда (МДЕП).

2012 рік ознаменований проведенням комплексу досліджень вагонів метро моделей 81-7036 та 81-7037 виробництва ПАТ «КВБЗ», за результатами яких було поставлено в серійне виробництво перший вітчизняний поїзд на базі асинхронного приводу з мікропроцесорною системою управління.

За підсумками роботи у ***2012*** році було оформлено 34 звітів про НДР. Науковці та фахівці інституту взяли участь у роботі 42 конференцій, виставок, семінарів. У 2012 році опубліковано всього 75 публікацій, в т.ч.: 45 статей; 30 тез доповідей; кількість поданих заявок на видачу патентів на корисні моделі та винаходи–2; кількість одержаних патентів на корисні моделі та винаходи – 1; кількість поданих заявок на реєстрацію авторського права, авторських договорів – 5; кількість одержаних свідоцтв про реєстрацію авторського права, авторських договорів – 3. Середньомісячна заробітна плата за 2012 рік склала 8215 грн.

2013 рік став самим успішним роком діяльності інституту за всю історію існування. ДП «УкрНДІВ» був виконаний великий обсяг науково-експериментальних досліджень щодо створення в Україні нового виду транспорту, а саме двохсистемних електропоїздів. Такий вітчизняний електропоїзд на дорогах

України появився уперше. ДП «УкрНДІВ» та ПАТ «КВБЗ» провели комплекс досліджень вагонів пасажирських моделей 61-7066, 61-7067, 61-7068, 61-7069, 61-7070 для міжрегіонального сполучення у складі міжрегіонального електропоїзда (ЕКр1). У 2013 році розпочалися роботи з комплексної модернізації вагонів типу «Е» та їх модифікацій шляхом заміни тягових двигунів постійного струму на асинхронний електропривод. Протягом 2013 року продовжується співробітництво з зарубіжними країнами, такими як: Китай, Польща, Словенія, Чехія, Франція, Німеччина, Індія, США, Канада, Молдова, Литва, Грузія щодо науково-експериментальних досліджень та сертифікації залізничної продукції.

Усього протягом 2013 р. оформлено 106 звітів про НДР. Науковці та фахівці інституту у 2013 році взяли участь у роботі 48 конференцій, виставок та семінарів. Також співробітниками ДП «УкрНДІВ» підготовлено до публікації 66 наукових публікацій, у т.ч.: 43 статті; 23 тези доповідей; кількість поданих заявок на видачу патентів на корисні моделі та винаходи – 2; кількість одержаних патентів на корисні моделі та винаходи – 1; кількість поданих заявок на реєстрацію авторського права, авторських договорів – 3; кількість одержаних свідоцтв про реєстрацію авторського права, авторських договорів – 4.

У 2014 році в рамках комплексної модернізації для КП «Київський метрополітен» завершено науково-експериментальні дослідження технічних характеристик вагонів метро моделей 81-7080, 81-7081, 81-7081-01. За результатами реалізації цього проекту модернізовано та експлуатується на даний час 135 вагонів.

У 2014 р. виконане технічне діагностування 5200 вантажних вагонів, які приписані до підприємств Укрзалізниці, та 1300 вагонів інших підприємств і організацій, які мають у власності парк вагонів. Підготовлено 800 технічних рішень щодо продовження терміну їх експлуатації. Протягом 2014 р. обстежено 237 пасажирських вагонів. Протягом 2014 р. було проведено технічне діагностування вагонів метрополітену електродепо «Оболонь» КП «Київський метрополітен». Діагностування цілого ряду візків вагоповірочних вагонів та іншої спеціальної техніки. Виконані роботи з технічного діагностування візків крана на залізничному ходу ЕДК-300 відбудовного поїзда.

Протягом 2014 р. 36 звітів про НДР, 59 статей; 17 тез доповідей; кількість одержаних патентів на корисні моделі та винаходи – 1; кількість поданих заявок на реєстрацію авторського права, авторських договорів – 4; кількість одержаних свідоцтв про реєстрацію авторського права, авторських договорів – 6.

У ***2015*** р. для ПАТ «КВБЗ» продовжувалось виконання науково-експериментальних досліджень технічних характеристик багажного вагона моделі 61-7093 з метою постановки його на виробництво проведені дослідження з визначення параметрів мікроклімату в приміщеннях вагона при роботі системи опалення в перехідний та теплий періоди року. Для ПАТ «Дніпровагонрембуд» виконані науково-експериментальні дослідження вагона пасажирського спального не купейного модернізованого з визначенням показників по пунктам ДСТУ 4049-2001 з метою сертифікації. Виконані експериментальні дослідження на втому рами візка дизель-поїзда виробництва ПАТ «КВБЗ». Проведені сертифікаційні випробування тягового та не тягового електрообладнання вагонів метрополітену, виготовлених в рамках комплексної модернізації для КП «Київський метрополітен» (корпорація ITOCHU, Японія). А також багато інших науково-експериментальних досліджень різних вузлів і деталей. Проведені стаціонарні та ходові гальмівні випробування. Проведені ходові динамічні та ходові міцнісні випробування, випробування з впли-

ву на колію. До нових напрямків діяльності ДП «УкрНДІВ» слід віднести дослідження з неруйнівного контролю візків вантажопідіймальних кранів типу ЕДК-500 та ЕДК-1000/1 з метою визначення можливості продовження терміну їх служби, виконання досліджень з хімічного аналізу зразка труби прямошовної оцинкованої. За 2015 р. виконане технічне діагностування 5550 вантажних вагонів, які приписані до підприємств Укрзалізниці, та 740 вагонів інших підприємств і організацій, які мають у власності парк вагонів. Підготовлено 720 технічних рішень щодо продовження терміну їх експлуатації.

У ***2015*** році продовжувалась співпраця інституту у сфері зовнішньоекономічної діяльності з зарубіжним фірмами, підприємствами та організаціями. Проведена науково-технічна експертиза понад 100 нормативних документів на рухомий склад та його комплектуючі.

У ***2016-2017*** роках проводились науково-експериментальні дослідження технічних характеристик бункерних вагонів для перевезення зерна моделей 19-7053, 19-4152, 19-6869, вагона–цистерни моделі 15-776 Е, вагона-цистерни бункерного типу моделі 19-7126 для перевезення пиловугільного палива, вагона-самоскида (думпкара) типу 2ВС-105 моделі 33-9909Н, вагона-платформи для великотоннажних контейнерів моделі 13-6961, візків моделей 68-7115, 68-7115 виконання 01 для вагонів пасажирських магістральних локомотивної тяги. Також проводився значний обсяг робіт з технічного діагностування та продовження терміну служби залізничного рухомого складу.

Сафронов Олександр Михайлович – директор ДП «УкрНДІВ» (2018-теперішній час)

З березня ***2018*** року інститут очолив кандидат технічних наук Сафронов Олександр Михайлович, який першочергово поставив задачу оновлення основних засобів вимірювальної та комп'ютерної техніки.

За останні роки виконано: Науково-експериментальні дослідження технічних характеристик вагона критого моделі 11-7139 та вагона-цистерни моделі 15-7140 з метою постановки на виробництво ПАТ «КВБЗ», науково-експериментальні дослідження технічних характеристик вагона-самоскида (думпкара) моделі 33-7141 та тривісного візка моделі 18-7142 з метою постановки на виробництво, науково-експериментальні дослідження технічних характеристик вагона-хопера для зерна та інших харчових вантажів моделі 19-4146-01 з метою постановки на виробництво (ПрАТ «Дніпровагонмаш»). Науково-експериментальні дослідження технічних характеристик вагона-платформи моделі 13-4153 з метою постановки на виробництво (ПрАТ «ДНІПРОВАГОНМАШ»). Науково-експериментальні дослідження технічних характеристик напіввагона моделі 12-6708-02 з метою постановки на виробництво (ТОВ «ЖВРЗ «ЕКСПРЕС»). Науково-експериментальні дослідження технічних характеристик напіввагона моделі 12-1878 з метою постановки на виробництво (ТДВ «ПОПАСНЯНСЬКИЙ ВРЗ), Науково-експериментальні дослідження технічних характеристик вагона критого універсального моделі 11-9983 та вагона-самоскида (думпкара) моделі 32-8525 з метою постановки на виробництво

(ТОВ «ДМЗ «КАРПАТИ») та багато інших вагомих робіт. Для забезпечення функціонування установи діє більше 200 розроблених встановленим порядком програм та методик досліджень як рухомого складу, так і його складових частин. Активно впроваджуються в роботу ІТ розробки ДП «УкрНДІВ», шляхом самостійної розробки та впровадження специфічних наукових програмних засобів (за останні 7 років розроблено 17 комп'ютерних програм та отримано 2 рішення про державну реєстрацію Договору про передачу (відчуження) майнових прав на твір).

За останні 10 років з 2015 року по 2020 рік фахівці ДП «УкрНДІВ» на основі проведених досліджень створили близько 500 наукових праць у вигляді анотацій, анотованих звітів та звітів про НДР; опубліковано 400 наукових статей, понад 200 тез доповідей; 3 монографії, отримано 14 охоронних документів, зареєстровано 35 об'єктів авторського права, підготовлено та захищено 6 дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. За участю наукових співробітників ДП «УкрНДІВ» та інших організацій підготовлено до друку 22 збірники наукових праць «Рейковий рухомий склад» .

На даний час ДП «УкрНДІВ» приймає участь у розробці та виконанні Державних програм, стратегій та концепцій: «Державна програма розвитку внутрішнього виробництва», «Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року», «Концепція Державної програми реформування залізничного транспорту», «Деякі питання визначення середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності галузевого рівня на 2017-2021 роки», а також виконує роботи у рамках вимог Закону України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності Україні» та Закону України « Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки».

Станом на теперішній час в інституті працює 103 співробітники, серед яких 7 співробітників мають науковий ступінь кандидатів технічних наук, 4 співробітники мають звання старшого дослідника.

Сьогодні підприємство може надати весь спектр науково-технічних послуг від науко-технічної експертизи щодо окремих виробів, до експертизи міжнародних проектів щодо впровадження технічних рішень як в Україні, так і за її межами; від технічних випробувань окремих вузлів та деталей, до проведення масштабних науково-дослідних робіт щодо поставлення на виробництво складних машин та механізмів для рейкового рухомого складу, а також, проведення сертифікації всього спектру продукції машинобудування для залізничної галузі та робіт із розробки стандартів як загальнодержавних, так і галузевих.

В структурі ДП «УкрНДІВ» є випробувальний центр, орган з інспектування та орган з сертифікації залізничної продукції.

Випробувальний центр продукції вагонобудування та ливарного виробництва (ВЦ ПВ) є структурним підрозділом ДП «УкрНДІВ» та від початку існування інституту проводить випробування вагонів і їх складових частин.

Шаповал А.В. –
керівник ВЦ ПВ ДП «УкрНДІВ
(2000-2014)

Ільчишин В.В. –
керівник ВЦ ПВ ДП «УкрНДІВ»
(2014-теперішній час)

За роки свого існування ВЦ ПВ здобув значний авторитет і є безперечним лідером у випробуваннях залізничної техніки та рейкового міського електротранспорту (вагонів метрополітену).

З 01.11.2018 року на базі ДП «УкрНДІВ» створено орган з інспектування, діяльність якого перш за все спрямована на проведення неупереджених та незалежних інспектувань.

Сулим А. О. –
заступник директора
з наукової роботи, керівник ОІ
(2018-теперішній час)

В інституті розроблено та впроваджено систему управління якістю відповідно до вимог стандарту ДСТУ EN ISO/IEC 17020 та Політик НААУ.

На даний час ведуться роботи з первинної акредитації ОІ ДП «УкрНДІВ» за типом А. З цією метою з 2019 року було подано необхідні документи до Національного агентства з акредитації України.

Після отримання атестата акредитації ОІ ДП «УкрНДІВ» має намір проводити інспектування залізничного та міського електричного

рухомого складу, їх деталей та вузлів, машин та устаткування, апаратури розподільчої та керувальної розподільчої, вагонів-цистерн для перевезення небезпечних вантажів.

До складу ДП «УкрНДІВ» входить орган з сертифікації продукції вагонобудування.

Перший атестат акредитації Органу із сертифікації продукції вагонобудування ДП «УкрНДІВ» було видано 19 серпня 1998 року, який засвідчував, що ОС ПВ відповідає вимогам української системи акредитації та акредитований як орган з сертифікації продукції у Системі сертифікації УкрСЕПРО.

На сьогодні ОС ПВ ДП «УкрНДІВ» акредитовано Національним агентством з акредитації України відповідно до вимог ДСТУ EN ISO/IEC 17065 в сфері:

- пересувного обладнання, що працює під тиском;
- локомотивів залізничних, трамвайних та рейкового рухомого складу, вузлів та деталей, машини та обладнання;
- устаткування, машин та апаратури електричних для локомотивів залізничних, трамвайних та рухомого складу;
- контейнерів для морських та залізничних перевезень;
- послуг з технічного обслуговування, ремонту та відновлення локомотивів залізничних, трамвайних та рухомого складу.

ОС ПВ ДП «УкрНДІВ» визнано компетентним та внесено в «Реестр признанных Советом по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества организаций, аккредитованных на право проведения работ по оценке (подтверждению) соответствия».

Згідно зі сферою акредитації ОС ПВ ДП «УкрНДІВ» за заявками підприємств проводить роботи з сертифікації продукції та атестації виробництв, зокрема, з надання послуг щодо технічного обслуговування, ремонту та відновлення локомотивів залізничних, трамвайних та рухомого складу.

Під час своєї діяльності ОС ПВ ДП «УкрНДІВ» проводив сертифікацію продукції не тільки в Україні, а й за її межами в Італії, в США, в Чеській Республіці, в Словацькій Республіці, в Республіці Польща, в Ісламській Республіці

Іран, в Китайській Народній Республіці, в Грузії, в Республіці Білорусь, в Японії та ряду інших країн.

Багров Микола Олександрович – керівник органа сертифікації продукції вагонобудування (2006 - теперішній час)

За час свого існування ОС ПВ ДП «УкрНДІВ» видано 1256 сертифікатів відповідності та атестатів виробництв в Системі УкрСЕПРО (Державної системи сертифікації), а також станом на 22.11.2021 р. та 593 сертифікатів відповідності та атестатів виробництв сертифікації продукції вагонобудування.

Досвід роботи в галузі вагонобудування протягом багатьох років забезпечив належний рівень довіри до ОС ПВ ДП «УкрНДІВ» з боку виробників продукції – заявників сертифікації. Все більше їх звертаються до ОС з метою сертифікації продукції або атестації виробництва.

Багров Микола Олександрович, Ільчишин Василь Васильович, Водянніков Юрій Якович (к.т.н., с.н.с.), Сафронов Олександр Михайлович (к.т.н., с.н.с.), Хозя Павло Олександрович (к.т.н., с.н.с.), Сулим Андрій Олександрович (к.т.н., с.н.с.), Багров Олександр Миколайович (к.т.н.), Федосов-Ніконов Дмитро В'ячеславович (к.т.н), Попова Тетяна Віталіївна (к.т.н), Павленко Юрій Сергійович, Стринжа Андрій Миколайович – фахівці, які працюють в інституті на даний час та авторитет яких визнаний як в Україні так і за кордоном, вони неодноразово були відзначені грамотами, дипломами та подяками різних організацій і відомств, неодноразово залучаються до проведення незалежної науково-технічної експертизи проєктів, науково-дослідних робіт, нормативних документів тощо.

Протягом останніх декількох років інститут співпрацював та продовжує співпрацювати з наступними відомими іноземними фірмами-виробниками залізничного рухомого складу та його комплектуючих: «General Electric Company» (США), ITOCHU Corporation (Японія), SKF Industrie S. P. A., (Італія), «Les Appareils Ferroviaires» (Франція), «Voith Turbo Scharfenberg Gmb&Co. KG» (Німеччина), ТОО «КазЦСЖТ» (Казахстан), «MEDCOM» (Польща), «C.M. Brake Inc.» (Канада «Amsted Rail Company, Inc» (США), «Motion Control» (США), «WABTEC PASSENGER TRANZIT» (США), KAIFENG CHANGFENG AXLE Co., LTD» (Китайська Народна Республіка), «Bhilai Engineering Corporation Limited» (Індія) та багатьма іншими компаніями.

За останні 20 років інститут нагороджений рядом дипломів та інших відзнак:

- дипломом Лауреата 7-го Українського національного конкурсу з якості у 2002 р.
- дипломами домінанта Міжнародного форуму економічного співробітництва «Золота книга» у 2000 р.
- у 2001 році інститут нагороджується дипломом та пам'ятною медаллю номінанта альманаху «Золота книга української еліти» за заслуги в розбудові економіки та вагомий внесок у створення міжнародного іміджу України та інші.
- свідоцтво «Золоті торгові марки» у 2002 році,
- диплом «Європейська якість»у 2003 році,

- диплом «Вища проба» у 2004 році.
- У 2006-2007рр. ДП «УкрНДІВ» нагороджується дипломами профспілок України за 1 та 3 місця у конкурсі «Кращий колективний договір».
- У 2006 р. ДП «УкрНДІВ» признаний переможцем у конкурсі лідерів Всеукраїнської програми «Роботодавці України», «Лідер – 2006» та рядом інших нагород, регіонального, національного та міждержавного рівнів.
- У 2005 р. інститут одержує сертифікат визнання досконалості в Україні, а вже в 2008 р. – стає переможцем.
- Результатом дотримання в своїй роботі ідей якості та досконалості стала перемога ДП «УкрНДІВ» у 13-му Українському національному конкурсі якості та отримання сертифіката EFQM «Визнання досконалості в Європі – 4*».
- Перемога у Всеукраїнському конкурсі з якості продукції 2012 р. (товарів, робіт, послуг) та отримання диплому переможця конкурсу «100 кращих товарів України» на регіональному і національному етапах конкурсу,
- «Вибір України 2017».
- «Краще підприємство України 2018».
- Почесна нагорода 2019 року «Зірка якості»
- «Вибір України 2021».

Стратегічна концепція діяльності нашого інституту полягає в тому, що ми бачимо себе в майбутньому сучасним інноваційним підприємством світового рівня, що займає лідируюче місце серед постачальників якісних науково-технічних продуктів та послуг для галузі транспортного машинобудування рейкового рухомого складу. Наявність людських, інформаційних та матеріально-технічних ресурсів, разом з великим досвідом та значним науковим заділом щодо робіт у галузі пасажирського та вантажного, тягового та несамохідного, як магістрального так і відомчого, а також комунального рейкового рухомого складу складають потенціал ДП «УкрНДІВ» для розробки, наукових досліджень та впровадження сучасної техніки.

Матеріал підготували заступник директора з наукової роботи ДП «УкрНДІВ»
Сулим Андрій Олександрович та
завідувач науково-дослідної групи
«Аналітичного прогнозування розвитку галузі та редакційної діяльності»
Гладких Інна Валентинівна

УДК 629.4.077 ***DOI: 10.47675/2304-6309-2021-23-22-30***

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, E-mail: office@ukrndiv.com.ua
Ю.Я. Водяніков
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-13-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ОСОБЛИВОСТІ КРИТЕРІЇВ ГАЛЬМІВНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ ГОСТ 34434

Стаття присвячена аналізу критеріїв гальмівної ефективності вантажних поїздів з вагонами, що мають підвищене осьове навантаження до 294,3 кН (30 тс) під час руху зі швидкостями до 120 км/год включно. Збільшення продуктивності вантажних поїздів за рахунок підвищення техніко-економічних показників вагонів шляхом збільшення осьового завантаження до 294,3 кН (30 тс) і швидкостей руху поїздів до 160 км/год зумовили розробку технічних вимог і правил до гальмівних систем, викладеними в ГОСТ 34434-18.

Згідно з новими правилами і вимогами, в якості критеріїв гальмівної ефективності вантажних вагонів прийняті: максимальні доступні значення гальмівних шляхів вантажного поїзда на рівній площадці в заданих інтервалах швидкостей руху осьових навантажень; розрахункові коефіцієнти сили натискання композиційних колодок на колеса при гальмуванні; сили натискання композиційних колодок на вісь в перерахунку на чавунні колодки.

Розрахунок максимального допустимого значення гальмівного шляху вантажного поїзда виконується за дійсною силою натиснення і дійсним коефіцієнтами тертя. В роботі показано, що питомі гальмівні сили, одержувані за дійсними силам натискання перевищують розрахункові питомі гальмівні сили з використанням розрахункових коефіцієнтів. Виходячи з викладеного, робиться висновок, що критерії гальмівної ефективності за максимальними допустимими значеннями гальмівних шляхів і розрахунковими коефіцієнтами сили натиснення мають істотні невідповідності один одному. Запропоновано замість розрахункових коефіцієнтів для оцінки гальмівної ефективності вантажного поїзда використовувати дійсні коефіцієнти сили натискання.

© Сафронов О.М., Водяніков Ю.Я., 2021

У статті наведені допустимі значення дійсних значень сил натискання колодок на колеса для вагонів з осьовим навантаженням (230,5 - 294,3) кН при швидкостях руху до 120 км/год включно, для яких виконується критерій з гальмівного шляху вантажного поїзда.

Ключові слова: *критерій, гальмівна ефективність, вантажний поїзд, осьове навантаження, гальмівний шлях, питома гальмівна сила, розрахунковий коефіцієнт.*

А.М. Сафронов*
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавской обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-03-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua
Ю.Я. Водянников
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавской обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-13-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ОСОБЕННОСТИ КРИТЕРИЕВ ТОРМОЗНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ГОСТ 34434

Статья посвящена анализу критериев тормозной эффективности грузовых поездов с вагонами, имеющими повышенную осевую загрузку до 294,3 кН (30 тс) при движении со скоростями до 120 км/ч включительно. Увеличение производительности грузовых поездов за счет повышения технико-экономических показателей вагонов путем увеличения осевой загрузки до 294,3 кН (30 тс) и скоростей движения поездов до 160 км/ч обусловили разработку технических требований и правил к тормозным системам, изложенными в ГОСТ 34434-18

Согласно новым правилам и требованиям, в качестве критериев тормозной эффективности грузовых вагонов приняты: максимальные допустимые значения тормозных путей грузового поезда на ровной площадке в заданных интервалах скоростей движения осевых нагрузок; расчетные коэффициенты силы нажатия композиционных колодок на колеса при торможении; силы нажатия композиционных колодок на ось в пересчете на чугунные колодки.

Расчет максимального допустимого значения тормозного пути грузового поезда выполняется по действительным силам нажатия и действительным коэффициентам трения. В работе показано, что удельные тормозные силы, получаемые по действительным силам нажатия превышают расчетные удельные тормозные силы с использованием расчетных коэффициентов.

Исходя из изложенного, делается вывод, что критерии тормозной эффективности по максимальным допустимым значениям тормозных путей и расчетным коэффициентам силы нажатия имеют существенное несоответствие друг другу. Предложено вместо расчетных коэффициентов для оценки тормозной эффективности грузового поезда использовать действительные коэффициенты силы нажатия.

В статье приведены допустимые значения действительных значений сил нажатия колодок на колеса для вагонов с осевой нагрузкой (230,5 - 294,3) кН при скоростях в движении до 120 км/ч включительно, для которых выполняется критерий по тормозному пути грузового поезда.

Ключевы слова: *критерии, тормозная эффективность, грузовой поезд, осевая нагрузка, тормозной путь, удельная тормозная сила, расчетные коэффициенты.*

Вступ. Важливу роль у підтриманні безпеки руху поїздів відіграють критерії гальмівної ефективності вантажних вагонів, призначення яких має базуватися як на конструктивному виконанні гальм, так і на їх здатністі забезпечувати нормативні вимоги безпеки. Вперше, згідно з новими вимогами ГОСТ 34434-18, допускається швидкість руху вантажних поїздів до 160 км/год з осьовими навантаженнями до 294,3 кН (30 тс).

У зв'язку з цим, потрібен ретельний аналіз критеріїв, що забезпечують гальмівну ефективність вантажного поїзда згідно з новими вимогами.

Так як колодкові гальмівні системи не забезпечують гальмівну ефективність вантажних вагонів з осьовими навантаженнями (230,5 - 294,3) кН для швидкостей руху 140-160 км/год, то аналізу критеріїв гальмівної ефективності піддаються вантажні поїзда у межах 90-120 км/год включно. Уперше для вантажних поїздів введені максимальні допустимі значення гальмівних шляхів залежно від швидкості на початку гальмування і осьового навантаження вагонів.

Слід зазначити, що згідно з новими правилами ГОСТ 34434-18, визначення гальмівних шляхів вантажного поїзда, здійснюється за дійсною силою натиснення гальмівних колодок та дійсного коефіцієнта тертя. Разом з тим, в якості критеріїв гальмівної ефективності (гальмівного шляху вантажного поїзда), включені розрахункові коефіцієнти сили натиснення композиційних колодок (табл. 1), для яких розрахункова питома гальмівна сила визначається як добуток розрахункового коефіцієнта на розрахунковий коефіцієнт тертя, які визначаються за формулами отриманими під час середньої сили натиснення композиційних гальмівних колодок на колеса незалежно від типу вагону з урахуванням осьового навантаження 23,5 тс [2].

В той же час, згідно з новими правилами, передбачаються осьові навантаження вантажних вагонів до 30 тс включно. Очевидно, використання розрахункових коефіцієнтів сили натиснення гальмівних колодок на колеса, в якості критерію для оцінки гальмівної ефективності вантажних вагонів, не можна визнати досить коректним.

Таблиця 1. – **Вимоги до ефективності гальмівних систем вантажних вагонів за ГОСТ 34434-18**

Параметр		Швидкість на початку гальмування, км / год		
		до 90 км / год включ.	в. 90 км / год до 100 км / год включ.	в. 100 км / год до 120 км / год включ.
1	2	3	4	5
Гальмівний шлях, м, не більше	для завантажених вагонів	1060	1040	1200
	для порожніх вагонів	720	890	1200
Розрахунковий коефіцієнт сили натиснення композиційних гальмівних колодок	для завантажених вагонів	0,14	0,18	0,25
	для порожніх вагонів	0,22	0,22	0,25

Мета роботи. Відмінність ідеології розрахункових досліджень гальмівного шляху за дійсним і розрахунковим коефіцієнтами обумовлює невизначеність в оцінці гальмівної ефективності вантажного поїзда. В цьому зв'язку, на нашу думку, в нових правилах недостатньо критеріїв для повної і остаточної оцінки гальмівної ефективності вантажних вагонів. Тому, метою роботи є визначення критерію, який забезпечує більш об'єктивну оцінку гальмівної ефективності.

Матеріали та результати досліджень. Призначення критеріїв можна розглядати з різних методологічних позицій, але при цьому слід враховувати, що найбільш важливим моментом, який визначає призначення, виступає мета, заради досягнення якої найбільш підходящим способом або із застосуванням найбільш підходящого засобу повинен послужити обраний критерій.

Цілі робіт з використанням обраного критерію можуть формулюватися по різному, головне полягає в тому, щоб вони повно і в той же час концентровано відображали суть досліджуваного процесу, умови його існування і роль гальмівної системи вагона в протіканні гальмівного процесу вантажного поїзда. Найбільш часто критерії застосовуються під час проведення досліджень з цілями відбору варіантів об'єкта (виробу, комплексу, до складу якого входить виріб, або системи комплексів), його оцінки як технічного (конструкційного) пристрою, так і варіантів його застосування.

Під час відбору варіантів, зазвичай, порівнюються однотипні зразки за абсолютними або відносними показниками якості або сукупності якостей виробів. Відбір проводиться з екстремального значення показника, що характеризує якість виробу. Оскільки технічний виріб, як правило, є складним і має низку якостей, то рішення про його відбір приймається на основі аналізу ряду показників, що характеризують ці якості. Значення результатів досліджень при цьому зростає через необхідність відображення повноти тієї чи іншої якості в показнику і отримання достовірного значення показника.

У зв'язку з тим, що всі три згадані групи випадків (при відборі зразка, оцінці виробу та оцінці рішення на його застосування) характеризуються приблизно од-

ним рівнем складності рішення задачі вибору критеріїв, єдністю підходів до такого рішення, близьким за призначенням і змістом результатом вибору, виникає бажання і прагнення створити універсальний апарат оцінки виробу.

Для гальмівних систем вантажних вагонів універсальними є такі критерії, за яких забезпечується безпека експлуатації рухомого складу.

На відміну від типових вимог, в яких для оцінки гальмівної ефективності прийняті два критерії - розрахунковий коефіцієнт сили натиснення композиційних колодок на колеса і сили натиснення на вісь в перерахунку на чавунні колодки [3-6], проте, згідно з новими правилами і вимогами, в якості критеріїв гальмівної ефективності вантажних вагонів прийняті три критерії:

- ✓ максимальні допустимі значення гальмівних шляхів вантажного поїзда на рівній площадці в заданих інтервалах швидкостей руху;
- ✓ розрахункові коефіцієнти сили натиснення композиційних колодок на колеса при гальмуванні;
- ✓ сили натиснення композиційних колодок на вісь в перерахунку на чавунні колодки в заданих інтервалах швидкостей руху і осьових навантажень.

Перші два критерії визначають гальмівну ефективність вантажного поїзда незалежно від осьового навантаження вагона, а третій визначається в залежності від осьового навантаження.

Слід зазначити, що третій критерій є похідною величиною, так як визначається згідно гальмівного шляху, отриманого за першим чи другим критеріями.

Так як одним з критеріїв гальмівної ефективності за новими правилами є розрахункові коефіцієнти сили натиснення гальмівних колодок на колеса, то для оцінки гальмівної ефективності за максимальним допустимим значенням гальмівного шляху вантажного поїзда потрібно використання двох методів проведення розрахункових досліджень: або за дійсними, або за розрахунковими коефіцієнтами сили натиснення колодок на колеса. Проте, дійсні коефіцієнти сили натиснення колодок не входять в якості критерію для оцінки гальмівної ефективності вантажного поїзда (див. табл. 1).

Відмінності в методах розрахунку гальм обумовлює різницю питомих гальмівних сил, отриманих за дійсними і розрахунковими силами натиснення гальмівних колодок (рис.1).

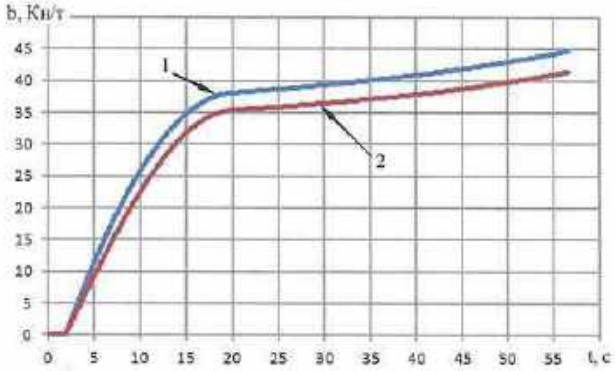


Рис. 1. **Питомі гальмівні сили:**
1 - отримані за дійсними силами натиснення; 2 - отримані за розрахунковими силами натиснення

Вказані відмінності обумовлюють невизначеність при остаточному виборі критерію гальмівної ефективності. На нашу думку, найбільш важливим критерієм є дійсний коефіцієнт сили натиснення гальмівних колодок, оціночною величиною якого є максимальні допустимі значення гальмівних шляхів вантажного поїзда на рівній площадці.

Тому, завдання полягало у визначенні мінімальних допустимих дійсних коефіцієнтів, за яких гальмівний шлях вантажного поїзда на рівній площадці відповідає гальмівним шляхам вантажного поїзда згідно таблиці 2.

Таблиця 2. - **Допустимі значення гальмівних шляхів вантажних поїздів**

Швидкість на початку гальмування, км / год	до 90 включ.	в. 90 до 100 включ.	в. 100 до 120 включ.
Гальмівний шлях для вантажних поїздів в навантаженому стані	1060	1040	1200
Гальмівний шлях для вантажних поїздів в порожньому стані	720	890	1200

Визначення мінімальних допустимих дійсних коефіцієнтів виконувалися на прикладі напіввагона у завантаженому та порожньому станах.

Розрахунки виконувались при осьовому навантаженні вагонів (230,5 - 294,3) кН і швидкостях на початку гальмування від 90 км/год до 120 км/год включно. Результати розрахункових досліджень наведені в таблиці 3.

Таблиця 3. - **Дійсні коефіцієнти сил натиснення гальмівних колодок, які задовольняють максимально допустимим значенням гальмівного шляху вантажного поїзда**

V, км/ч	Для завантаженого поїзда		Для порожнього поїзда	
	δд, кН/т	δд, прив, тс/т (δд/g)	δд, кН/т	δд, прив, тс/т (δд/g)
1	2	3	4	5
навантаження на вісь 230,5 кН (23,5 тс)				
90	1,296	0,132	1,949	0,199
100	1,820	0,186	2,735	0,279
120	2,532	0,258	3,806	0,388
навантаження на вісь 245,3 кН (25 тс)				
90	1,314	0,134	1,973	0,201
100	1,851	0,189	2,779	0,283
120	2,586	0,264	3,882	0,396

Закінчення табл. 3

1	2	3	4	5
навантаження на вісь 264,9 кН (27 тс)				
90	1,338	0,136	2,044	0,208
100	1,892	0,193	2,890	0,295
120	2,659	0,271	4,062	0,414
навантаження на вісь 294,3 кН (30 тс)				
90	1,373	0,140	2,204	0,225
100	1,955	0,199	3,137	0,320
120	2,768	0,282	4,441	0,453

Гальмівна ефективність вантажного поїзда за дійсними коефіцієнтами сили натиснення композиційних колодок, в залежності від осьового навантаження, наведена в таблиці 4.

Таблиця 4. - **Вимоги до ефективності гальмівних систем вантажних вагонів з урахуванням осьових навантажень**

Параметр	Швидкість на початку гальмування, км/год		
	до 90 включ.	в. 90 до 100 включ.	в. 100 до 120 включ.
Гальмівний шлях, м, не більше	1060	1040	1200
Навантаження на вісь, Кн (тс)	Дійсні коефіцієнти кН/т (тс/т)		
230,5 (23,5)	1,296 (0,132)	1,82 (0,186)	2,532 (0,258)
245,3 (25)	1,314 (0,134)	1,851 (0,189)	2,586 (0,264)
264,9 (27)	1,338 (0,136)	1,892 (0,193)	2,659 (0,271)
294,3 (30)	1,373 (0,140)	1,955 (0,199)	2,768 (0,282)

Висновки. Виходячи з підсумків проведеного дослідження встановлено:

1. Критерій гальмівної ефективності за розрахунковим коефіцієнтом суперечить методиці визначення гальмівного шляху за дійсними коефіцієнтами сили натиснення гальмівних колодок і дійсним коефіцієнтами тертя згідно ГОСТ 34434-18;

2. Відсутність критерію для оцінки гальмівного шляху вантажного поїзда за дійсними коефіцієнтами ускладнює вибір параметрів гальмівної системи вантажного вагона під час проведення розрахункових досліджень;

3. Рекомендується гальмівну ефективність вантажного поїзда визначати за дійсними коефіцієнтами сили натиснення гальмівних колодок в залежності від осьового навантаження вагона і максимальної швидкості на початку гальмування;

4. В якості основного рекомендується залишити один критерій - дійсний коефіцієнт сили натиснення гальмівних колодок на колеса.

ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 34434-2018. Тормозные системы грузовых железнодорожных вагонов. Технические требования и правила расчета. [Действует с 30.10.2018]. Москва: Стандартинформ, 2018. 27 с. (Межгосударственные стандарты).

2. Гребенюк П., Долганов А., Скворцова А. Тяговые расчеты. М.: «Транспорт», 1987. 272 с.

3. P549/4. Методика расчета тормозов грузовых вагонов колеи 1520 мм. Варна, Республика Болгария: Организация сотрудничества железных дорог, 2005. 12 с.

4. Инструкция ЦВ-0011. Нормативы по тормозам. Київ: «Укрзалізниця», 1997. 19 с.

5. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст]. М.: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. 319 с.

6. ЦВ-ЦЛ-0013. Інструкція з ремонту гальмівного обладнання вагонів. Київ. «Укрзалізниця», 2005. 160 с.

7. ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015. Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України, Київ, «Транспорт України», 2002. 143 с.

8. Гребенюк П. Правила тормозных расчетов. М: «Интекст», 2004. 112 с.

O.M. Safronov
State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Bulding Research Institute"
33 I. Prikhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
tel.: +39 05366 60324
Yu.Ya. Vodiannikov
State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Bulding Research Institute"
33 I. Prikhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
tel.: +38 05366 61324

ASPECTS OF BRAKING EFFICIENCY CRITERIA FOR FREIGHT WAGONS UNDER THE LATEST RULES OF HOST 34434-18

The paper deals with the analysis of the braking efficiency criteria for freight trains formed with wagons that have increased axle load up to 294.3 kN (30 ts) when moving at speeds up to 120 km/h inclusive. Increasing the efficiency of freight trains by increasing the technical and economic performance of cars by increasing the axial load to 294.3 kN (30 ts) and train speeds up to 160 km/h led to the development of technical requirements and rules for braking systems set out in HOST 34434-18.

According to the new rules and requirements, the following are accepted as criteria for the braking efficiency of freight wagons, that is, up to the maximum values of the braking distances of the freight train on the site in the specified intervals of speeds of axial loads; calculated coefficients of force of pressing of composite blocks on wheels at braking; the pressing force of the composite pads on the axis in terms of cast iron pads.

The calculation of the maximum allowable value of the braking distance of the freight train is performed based on the actual pressing forces and the actual friction coefficients. The paper shows that the specific braking forces obtained using the actual

pressing forces exceed the calculated specific braking forces using the calculated coefficients.

Based on the above-mentioned, it is concluded that the braking efficiency criteria with reference to the maximum allowable values of the braking distances and the calculated coefficients of the pressing force have a significant discrepancy between each other. It is proposed to use the actual pressure force coefficients instead of the calculated coefficients to assess the braking efficiency of the freight train.

The paper presents the permissible values of the actual force values of pressing the pads on the wheels for wagons with axial load (230.5 - 294.3) kN at speeds up to 120 km/h inclusive, for which the braking distance criterion of the freight train is observed.

Key words: *criterion, braking efficiency, freight train, axial load, braking distance, specific braking force, calculated coefficients, actual coefficient.*

REFERENCES

1. Tormoznyie sistiemy hruzovykh zhielieznodorozhnykh vahonov. Tiekhnichieskiie triebovaniia i pravila raschieta [Brake systems of freight railway cars. Technical requirements and calculation rules]. (2018, October 30). *HOST 34434-2018.*Interstate standards. Moscow: Standardinform, p.32 [in Russian]

2. Hriebieniuk P., Dolhanov A. & Skvortsova A. (1987). *Tiahovyie raschiety [Traction calculations].* Moscow: "Transport", p. 272 [in Russian]

3. Mietodika raschieta tormozov hruzovykh vahonov kolei 1520 mm [Calculation procedure for freight wagons brakes for track gauge 1520 mm]. (2005). *R549/4* Republic Bulgaria, Varna: Railway Cooperation Organization, p.12 [in Russian].

4. *Yinstruktsia TsV-0011. Normativy po tormozam. [Instruction. Standards for brakes].* (1997). Kyiv:«Ukrzaliznytsia», p.19 [in Russian]

5. *Normy dlia raschieta i proiektirovaniia vahonov zhielieznykh doroh MPS kolei 1520 mm (niesamokhodnykh) [Standards for the calculation and design of railway cars of the Ministry of Railways 1520 mm (non-self-propelled)].* (1996). Moscow: HosNIIV – VNIIZhT, p. 319 [in Russian]

6. *Instruktsiia z remontu halmivnoho obladnannia vahoniv TsV-TsL-0013 [Instruction on repair of railcar brake equipment].* (2005). Kyiv, p.160 [in Ukrainian]

7. *Instruktsiia z ekspluatatsii halm rukhomoho skladu na zaliznytsiakh Ukrainy Tst-TsV-TsL-0015 [Instructions on the operation of rolling stock brakes on the railways of Ukraine].* (2002). Kyiv: «Transport Ukrainy», p. 143 [in Ukrainian]

8. Hrebeniuk P. (2004). *Pravyla tormoznykh raschietov [Rules of brake calculations].* Moscow: "Intext",.p. 112 [in Russian]

УДК 629.463.001.891.5 **DOI: 10.47675/2304-6309-2021-23-31-53**

А.М. Сафронов*
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина.
Телефон: (05366) 6-03-24
А.А. Сулим
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина.
Телефон: (05366) 6-03-34
Ю.Я. Водянников
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина.
Телефон: (05366) 6-13-24
П.А. Хозя
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина.
Телефон: (05366) 6-20-43
В.С. Речкалов
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина.
Телефон: (05366) 6-13-24

ПРОЦЕДУРА И АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА ПРОЧНОСТИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА С УЧЕТОМ СОВРЕМЕННЫХ ТРЕБОВАНИЙ

Повышение достоверности результатов испытаний достигается применением более совершенных методов записи и обработки результатов. Поэтому важным разделом исследования прочности грузовых вагонов является выбор методов получения, обработки и анализа экспериментальных данных.

В статье изложена процедура и алгоритмы определения эквивалентных напряжений при воздействии продольных и динамических нагрузок, действующих в процессе эксплуатации.

© Сафронов А.М., Сулим А.А., Водянников Ю.Я., Хозя П.А., Речкалов В.С., 2021

Показано, что алгоритмы определения напряжений от динамических продольных и вертикальных сил имеют существенные отличия, обусловленные различием схем приложения нагрузок. Так, испытания грузовых вагонов на динамические продольные нагрузки проводятся методом ударного воздействия на опытный вагон, а на динамические вертикальные – в процессе движения вагона в составе опытного поезда на характерных, заранее выбранных (намеченных) участках железнодорожного пути, при заданных скоростях.

Для оценки уровня нагруженности конструкции грузового вагона от вертикальных динамических нагрузок используется метод, основанный на замене реального случайного процесса некоторым схематизированным процессом, который по уровню накопления усталостного повреждения должен быть эквивалентен реальному процессу. Из всего многообразия методов схематизации выделяются два метода – метод полных циклов и метод «дождя», которые наиболее полно отражают реальный процесс. Преимуществом метода «дождя» является возможность обработки процесса в реальном режиме времени. Однако, алгоритм метода «дождя» является достаточно сложным и не позволяет обрабатывать большие объемы информации. В этой связи был предложен метод максимальных размахов, который является разновидностью метода полных циклов и позволяет в режиме онлайн обрабатывать неограниченный объем информации.

Для сравнительного анализа методов схематизации «дождя» и максимальных размахов был использован пример, приведенный в ГОСТ 25.101. Анализ показал удовлетворительное совпадение обеих методов.

На основании изложенной процедуры, предложена блочная структура вычислительного процесса для определения эквивалентной приведенной амплитуды напряжений.

Каждый блок отображает воздействие сил в зависимости от условия нагружения – ударные продольные силы и динамические силы при движении вагона по прямым, кривым и стрелочным переводам железнодорожного пути.

Ключевые слова: *грузовой вагон, процесс, динамическая нагрузка, продольная нагрузка, напряжение, амплитуда, алгоритм, эквивалентное напряжение, коэффициент запаса, прочность.*

О.М. Сафронов*
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна.
Телефон: (05366) 6-03-24
А.О. Сулим
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м.Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна.
Телефон: (05366) 6-03-34

Ю.Я. Водянніков
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна.
Телефон: (05366) 6-13-24
П.О. Хозя
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна.
Телефон: (05366) 6-20-43
В.С. Речкалов
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна.
Телефон: (05366) 6-13-24

ПРОЦЕДУРА ТА АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗАПАСУ МІЦНОСТІ ВАНТАЖНОГО ВАГОНА З УРАХУВАННЯМ СУЧАСНИХ ВИМОГ

Підвищення достовірності результатів випробувань досягається застосуванням більш досконалих методів запису і обробки результатів. Тому важливим розділом дослідження міцності вантажних вагонів є вибір методів отримання, обробки і аналізу експериментальних даних.

У статті викладена процедура і алгоритми визначення еквівалентних напружень при впливі поздовжніх і динамічних навантажень, що діють в процесі експлуатації.

Показано, що алгоритми визначення напружень від динамічних поздовжніх і вертикальних сил мають істотні відмінності, обумовлені розходженням схем прикладання навантажень. Так, випробування вантажних вагонів на динамічні поздовжні навантаження проводяться методом ударного впливу на дослідний вагон, а на динамічні вертикальні - в процесі руху вагона в складі дослідного поїзда на характерних, заздалегідь обраних (намічених) ділянках залізничної колії, при заданих швидкостях.

Для оцінки рівня навантаженості конструкції вантажного вагона від вертикальних динамічних навантажень використовується метод, заснований на заміні реального випадкового процесу деяким схематизувати процесом, який за рівнем накопичення втомного пошкодження повинен бути еквівалентний реального процесу. З усього різноманіття методів схематизації виділяються два методи - метод повних циклів і метод «дощу», які найбільш повно відображають реальний процес. Перевагою методу «дощу» є можливість обробки процесу в реальному режимі часу. Однак, алгоритм методу «дощу» є досить складним і не дозволяє обробляти великі обсяги інформації. У зв'язку з цим було запропоно-

вано метод максимальних розмахів, який є різновидом методу повних циклів і дозволяє в режимі онлайн обробляти необмежений обсяг інформації.

Для порівняльного аналізу методів схематизації «дощу» і максимальних розмахів був використаний приклад, наведений в ГОСТ 25 .101. Аналіз показав задовільний збіг обох методів.

На підставі викладеної процедури, запропонована блокова структура обчислювального процесу для визначення еквівалентної наведеної амплітуди напружень.

Кожен блок відображає вплив сил в залежності від умови навантаження - ударні поздовжні сили і динамічні сили під час руху вагона по прямим, кривим і стрілочним переводам залізничної колії.

Ключові слова: *вантажний вагон, процес, динамічне навантаження, поздовжне навантаження, напруга, амплітуда, алгоритм, еквівалентне напруження, коефіцієнт запасу, міцність.*

Вступление. Увеличивающийся объем перевозок грузов и создание транспортных коридоров обусловило, в качестве одного из стратегических направлений научно-технического развития грузового железнодорожного транспорта, создание грузовых вагонов с повышенной осевой нагрузкой до 30 тс и скоростями движения до 160 км/ч. Кроме того, в последние годы, мировым трендом становится создание высокоскоростных грузовых поездов со скоростями 200 км/ч и более.

Анализ исследования и постановка проблемы. Безопасность движения и эффективность работы подвижного состава железных дорог зависят от многих факторов, в том числе от прочности и надежности конструкций грузовых вагонов. Поэтому улучшение динамических качеств вагонов является одной из самых актуальных проблем железнодорожного транспорта.

Для объективной оценки безопасной работы подвижного состава требуется применение все более совершенных норм и правил обоснования работоспособности [1], что возможно только на основе более точного прогнозирования и подтверждения ресурса (расхода ресурса) грузовых вагонов в зависимости от условий и режимов эксплуатации [2, 3].

Цель статьи. Разработать процедуру и алгоритм определения коэффициента запаса прочности с учетом современных требований.

Материал изложения процедуры и алгоритма. В большинстве конструкций вагонов возникают знакопеременные напряжения, которые носят случайный характер. Знакопеременные напряжения обуславливают процесс постепенного накопления повреждений, приводящий вначале к образованию микроскопической трещины, а затем к ее развитию и последующему внезапному разрушению – усталости металла.

Оценочные характеристики динамических и прочностных качеств вагона устанавливаются по результатамм экспериментальных исследований, к основным из которых следует отнести поездные (ходовые) испытания, а также испытания на ударные нагрузки.

Методика проведения испытаний разрабатывается в зависимости от поставленной задачи и состоит:

- ✓ в подготовке вагона к испытаниям;

- ✓ в определении видов и объемов измерительной регистрирующей аппаратуры, а также ее размещение на вагоне;
- ✓ в определении режимов нагружения испытываемого вагона;
- ✓ в порядке проведения испытаний;
- ✓ в выборе опытного участка пути и его характеристик;
- ✓ в выборе методов автоматической обработки опытных данных и применяемой при этом аппаратуре.

В основу исследования прочности грузовых вагонов положена модель многоцикловой усталости, использующая линейную гипотезу суммирования усталостных повреждений [2]. В рамках данной модели рассматривается упругая работа материала с учетом гипотезы о его сплошности, бездефектности и безструктурности. Влияние существующих в реальных материалах дефектов, несплошностей и пластических деформаций опосредованно учитывается в величинах допускаемых напряжений. Указанные факторы способствуют образованию трещин особенно в зонах концентраторов, каковыми являются сварные швы.

Сопротивление усталости оценивается для амплитуд действующих напряжений не менее 10 МПа для сталей и не менее 3 МПа для алюминиевых сплавов, а также не более 75 % от значения предела текучести (условного предела текучести) материала [2].

Усталостная прочность узла или детали оценивается по эквивалентному значению амплитуды напряжений в конструкции ($\sigma_{а,э}$) и предельной амплитуде напряжений (предел выносливости соответствующий вероятности неразрушения) по формуле [2]:

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

где $\sigma_{a,N}$ – предел выносливости по амплитуде в расчетном сечении при вероятности неразрушения 0,95, МПа и базовом числе циклов $N_0 = 10^7$;

$\sigma_{a,э}$ – приведенная амплитуда динамического напряжения МПа, эквивалентная по повреждающему действию распределению амплитуд напряжений за расчетный срок службы.

[n] - минимально допустимое значение коэффициента запаса сопротивления усталости.

При использовании надежных экспериментальных данных о режимах эксплуатационной нагруженности и прочностных характеристик детали с учетом вероятностного рассеивания допустимые коэффициенты запаса принимаются в диапазоне от 1,3 до 1,7. Наличие приближенных данных о прочности детали или режимах ее нагруженности требует использования значений коэффициентов запаса от 1,5 до 1,9. Использование же приближенных данных о прочности детали и режимах ее нагруженности принимаются повышенные значения коэффициентов запаса от 1,8 до 2,2 [4, 5].

Если проектируемое или сертифицируемое изделие является ответственной деталью подвижного состава, то для нее принимают большие значения коэффициентов запаса усталости. Так, например, при одних и тех же исходных

данных для элементов кузова будет принят коэффициент запаса равный 1,5, а для колесной пары – 1,9.

Предел выносливости по амплитуде $\sigma_{a,N}$, МПа, для сварных составных частей несущих элементов конструкции грузового вагона определяется расчетным способом по формуле [4]:

$$\sigma_{a,N} = \frac{\overline{\sigma}_M}{\kappa_\sigma}, \tag{2}$$

где $\overline{\sigma}_M$ — значение предела выносливости базового материала (листа, проката) при базовом числе циклов N0 = 107 и односторонней доверительной вероятности 95 %, принимается равным $\overline{\sigma}_M$ = 47 МПа и $\overline{\sigma}_M$ = 23,5 МПа соответственно для стали и алюминиевых сплавов;

κ_σ — коэффициент снижения предела выносливости для различных типов сварных соединений, приведен в [2].

Для литых стальных несущих конструкций пределы выносливости по амплитуде определяются по формуле (2) при значении предела выносливости базового материала $\overline{\sigma}_M$ = 47 МПа и коэффициентах снижения предела выносливости, определяемых для различных зон литых деталей [2], или по результатам испытаний в соответствии с действующими стандартами.

Приведенная амплитуда динамического напряжения $\sigma_{a,э}$, эквивалентная по повреждающему действию за расчетный ресурс составной части конструкции грузового вагона, определяется по формуле [2]:

$$\sigma_{a,э} = \sqrt[m_1]{\frac{1}{N_0}\left(\sum n_i \cdot (\sigma_{a,i}^{//})^{m_1} + \sigma_{a,N}^{(m_1-m_2)} \cdot \sum n_j \cdot (\sigma_{a,j}^{/})^{m_2}\right)} \tag{3}$$

где $\sigma_{a,N}$ - предел выносливости по амплитуде (точка перелома кривой выносливости для больших и малых амплитуд напряжения) при базовом числе циклов $N_0 = 10^7$, определяется по формуле (2);

m_1 — показатель степени первой ветви кривой выносливости, для сварных соединений принимается равной $m_1 = 3$ (для литых деталей $m_1 = 4$);

m_2 — показатель степени второй ветви кривой выносливости, для сварных соединений принимается равной $m_2 = 5$ для основного металла и литых деталей $m_2 = 9$.

Допускается в формуле (3) принимать $m_1 = m_2$;

$\sigma_{a,i}^{//}$ — амплитуда динамического напряжения при $\sigma_{a,i} \geq \sigma_{a,N}$;

n_i — количество циклов амплитуд динамического напряжения $\sigma_{a,i}$;

$\sigma_{a,j}^{/}$ — амплитуда динамического напряжения при $\sigma_{a,j} < \sigma_{a,N}$;

n_j — количество циклов амплитуд динамического напряжения $\sigma_{a,j}$.

Первое слагаемое подкоренного выражения формулы (3) учитывает продольные нагрузки, а второе – вертикальные динамические.

Алгоритм определения эквивалентных напряжений от продольных сил приведен на рис. 1, а пример определения эквивалентных напряжений – в таблице 1 [6].

Рис. 1. **Алгоритм определения эквивалентных напряжений от продольных сил**

Таблица 1.- **Пример определение эквивалентных напряжений от продольных сил [6]**

F_i, МН	$N_{уд,j}$	$\sigma_{удi}$	$\frac{\sigma_{удi}F_i}{F_{уд}}$	$\left(\frac{\sigma_{удi}F_i}{F_{уд}}\right)^3$	$T_к$	$\left(\frac{\sigma_{удi}F_i}{F_{уд}}\right)^{m_1} \cdot N_{уд,j} \cdot T_к$
1	2	3	4	5	6	7
Сжимающие силы						
0,3	800	120,82424	10,356363	1110,764	32	28435559,61
0,6	2000	120,82424	20,712726	8886,1124	32	568711192,2

Закінчення табл. 1

1,0	2230	120,82424	34,521211	41139,409	32	2935708237
1,4	1410	120,82424	48,329695	112886,54	32	5093440627
1,8	800	120,82424	62,138179	239925,03	32	6142080876
2,2	200	120,82424	75,946663	438052,43	32	2803535544
2,6	50	120,82424	89,755147	723066,26	32	1156906009
3,0	9	120,82424	103,56363	1110764	32	319900045,6
3,35	1	120,82424	115,64606	1546651,5	32	49492848,47
Растягивающие силы						
0,3	2432	81,154475	9,738537	923,5941	32	71877787,35
0,6	5700	81,154475	20,196	8237,5125	32	1502522278
1,0	5120	81,154475	33,66	38136,632	32	6248305770
1,4	3050	81,154475	47,124	104646,92	32	10213539189
1,8	800	81,154475	60,588	222412,84	32	5693768633
2,2	180	81,154475	74,052	406078,86	32	2339014213
$\left[\sum_{m=1}^{k}\left(\left(\frac{\sigma_{уд,1}F_m}{F_{уд,1}}\right)^3 \cdot N_{уд,m}\right)+\sum_{n=1}^{p}\left(\left(\frac{\sigma_{уд,2}F_n}{F_{уд,2}}\right)^3 \cdot N_{уд,n}\right)\right]\cdot T_к$						45167238809

Амплитуды напряжений при действии вертикальных динамических нагрузок являются случайными величинами, что обусловлено случайными возмущающими воздействиями со стороны рельсового пути.

При проведении комплексных динамических испытаний выбираются характерные заранее выбранные (намеченные) участки железнодорожного пути фиксированной ограниченной длины, причем максимальная скорость движения при испытаниях должна превышать проектную конструкционную скорость опытного вагона не менее чем на 15—20 км/ч.

В процессе данного вида испытаний контролируются динамические напряжения в наиболее нагруженных несущих элементах конструкции вагона в виде последовательного набора записей (реализаций) при различных скоростях и режимах движения опытного поезда [2]:

- на прямом участке пути – 20, 40, 60, 80, 100, 120 км/ч;
- на кривой *R*300 – 10, 20, 40, 60 км/ч;
- на кривой *R*700 – 20, 40, 60, 80, 100, 110 км/ч;
- на стрелочном переводе марки 1/11 (по боковому направлению) – 10, 20, 30, 40 км/ч.

Для получения статистических представительных результатов исследования, длительность записи или длина реализации процесса нагружения должна содержать не менее 1000 экстремумов $n_э$ процесса. Полуцикл нагружения составляет часть цикла регулярного нагружения [2, 7, 8], которая соответствует половине периода изменения нагрузки.

Зарегистрированные динамические напряжения подвергаются систематизации и отбраковке недостоверных данных. При обработке временных зависимостей сил и напряжений учитываются частоты в диапазоне от 0,1 до 20,0 Гц.

Эквивалентные динамические напряжения определяются по формуле [2, 9]:

$$\frac{T_p}{N_0}\sum_{j=1}^{n}K_{учj}\sum_{1}^{k_{vj}}P_{vj}f_{эvj}\sum_{i=1}^{k_{\sigma i}}\sigma_{ai}^{m_2}P_{\sigma i} \qquad (4)$$

где m_2 – показатель степени в уравнении кривой усталости, $m_2 = 5$;

$T_р$– суммарное время действия динамических напряжений за расчетный срок службы, с;

$f_{эvi}$ – центральная (эффективная) частота процесса изменения динамических напряжений, Гц;

N_0 – базовое число циклов динамических напряжений (для стальных конструкций $N_0 = 10^7$);

n – число учитываемых характерных режимов движения (прямая, кривая, стрелочный перевод);

j – счетчик характерных режимов движения;

$K_{учj}$ – доля протяженности характерных участков пути в общей длине железнодорожных линий: прямых ($j = 1$), кривых ($j = 2$) и стрелочных переводов ($j = 3$), принимается: $K_{уч1} = 0,75$, $K_{уч2} = 0,23$, $K_{уч3} = 0,02$;

j – счетчик диапазонов скоростей;

K_{vj} – принятое число диапазонов скоростей для j-го характерного участка пути;

P_{vj} – вероятность движения вагона, приходящаяся на эксплуатацию со скоростью V_j;

$k_{\sigma i}$– число разрядов дискретизации амплитуд напряжений;

σ_{ai} – средняя амплитуда напряжений в n-ом диапазоне (для j-го характерного участка пути в j -ом диапазоне скоростей);

$P_{\sigma i}$ – вероятность появления амплитуд напряжений с уровнем σ_{ai} в j -ом интервале скоростей движения вагона.

Суммарное время действия динамических напряжений за расчетный срок службы $T_р$ определяется по формуле [2, 9]:

$$T_р = 365\cdot 10^3\,\frac{\overline{L}}{\overline{V}}T_к \qquad (5)$$

где $\overline{L}$ – проектный среднесуточный пробег вагона, м/сут;

$\overline{V}$ – средняя техническая скорость движения вагона, м/с, (табл, 2);

$T_к$ – расчетный ресурс (назначенный календарный срок службы вагона), лет.

Таблица 2. - **Средняя техническая скорость движения для различных значений конструкционной скорости вагона в километрах в час [2, 4]**

Конструкционная скорость, км/ч	Средняя техническая скорость, м/с	Конструкционная скорость, км/ч	Средняя техническая скорость, м/с
200	31,1	120	22,5
160	25,6	100	19,2
140	24,7	90	16,9

Динамические силы (динамические напряжения), действующие на несущую конструкцию кузова вагона при движении определяют с учетом вероятности распределения скоростей движения [2, 4] (табл. 3)

Для оценки уровня нагруженности используются методы, основанные на замене реального случайного процесса некоторым схематизированным процессом, который по уровню накопления усталостного повреждения должен быть эквивалентен реальному процессу [10].

Таблица 3 - **Распределение скоростей движения для определения сопротивления усталости**

Интервал скорости движения, м/с	Средняя скорость интервала, м/с	Вероятность движения в диапазоне скорости для вагона с конструкционной скоростью, м/с (км/ч)				
		44,4 (160)	38,9 (140)	33,3 (120)	27,8 (100)	25,0 (90)
1	2	3	4	5	6	7
от 0,00 до 12,5	6,25	0,02	0,02	0,03	0,05	0,15
свыше 12,5 до 15,0	13,75	0,05	0,06	0,07	0,12	0,30
свыше 15,0 до 17,5	16,25	0,07	0,07	0,10	0,30	0,35
свыше 17,5 до 20,0	18,75	0,09	0,10	0,18	0,20	0,13
свыше 20,0 до 22,5	21,25	0,11	0,15	0,15	0,15	0,05
свыше 22,5 до 25,0	23,75	0,13	0,15	0,15	0,10	0,02
свыше 25,0 до 27,5	26,25	0,15	0,15	0,15	0,06	-
свыше 27,5 до 30,0	28,75	0,13	0,10	0,09	0,02	-
свыше 30,0 до 32,5	31,25	0,09	0,08	0,06	-	-
свыше 32,5 до 35,0	33,75	0,06	0,05	0,02	-	-
свыше 35,0 до 37,5	36,25	0,04	0,05	-	-	-
свыше 37,5 до 40,0	38,75	0,03	0,02	-	-	-
свыше 40,0 до 42,5	41,25	0,02	-	-	-	-
свыше 42,5 до 45,0	43,75	0,01	-	-	-	-
свыше 45,0 до 47,5	46,25	-	-	-	-	-
свыше 47,5 до 50,0	48,75	-	-	-	-	-
свыше 50,0 до 52,5	51,25	-	-	-	-	-
свыше 52,5 до 55,0	53,75	-	-	-	-	-

В качестве примера рассматривается динамический процесс показанный на рис. 2, для которого выполнена схематизация. Размахи и амплитуды напряжений приведены в таблице 4.

Распределение амплитуд напряжений и их частота по классам приведены в таблице 5.

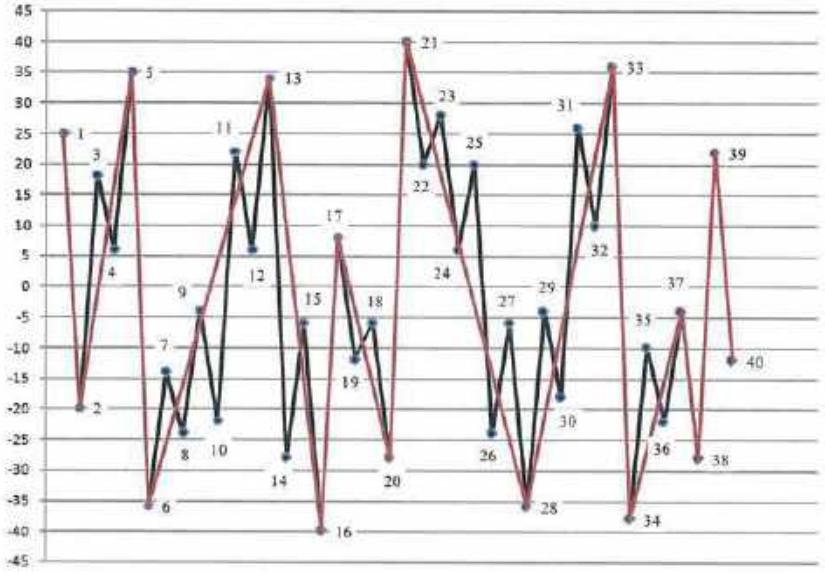


Рис. 2. **Схематизация динамического процесса**

Таблица 4. - **Размахи и амплитуды напряжений**

Точки размаха	$2\sigma_a$, МПа	σ_a, МПа	Точки размаха	$2\sigma_a$, МПа	σ_a, МПа
1	2	3	4	5	6
1-2	45	22,5	21-28	76	38
2-5	55	27,5	22-23	8	4
3-4	12	6	23-22	8	4
4-3	12	6	24-25	14	7
5-6	71	35,5	25-24	14	7
6-13	70	35	26-27	18	9
7-8	10	5	27-26	18	9
8-7	10	5	28-33	72	36
9-10	18	9	29-30	14	7
10-9	18	9	30-29	14	7
11-12	16	8	31-32	16	8

Закінчення табл. 4

1	2	3	4	5	6
12-11	16	8	32-31	16	8
13-16	74	37	33-34	74	37
14-15	22	11	34-37	34	17
15-14	22	11	35-36	12	6
16-17	48	24	36-35	12	6
17-20	36	18	37-38	24	12
18-19	6	3	38-39	50	25
19-18	6	3	39-40	34	17
20-21	68	34			

Таблица 5. - **Разбиение амплитуд напряжений на классы**

№ класса	Интервал класса, МПа	Амплитуды напряжений, попавшие в интервал, МПа	Частота попадания в интервал	Среднее значения амплитуды, МПа	Вероятность амплитуды
1	2	3	4	5	6
14	38-40	38	1	38	0,0625
13	36-38	36; 37; 37	3	36,67	0,1875
12	34-36	34; 35; 35,5	3	34,83	0,1875
11	32-34	0	0	0	0
10	30-32	0	0	0	0
9	28-30	0	0	0	0
8	26-28	27,5	1	27,5	0,0625
7	24-26	24; 25	2	24,5	0,125
6	22-24	22,5	1	22,5	0,0625
5	20-22	0	0	0	0
4	18-20	18	1	18	0,0625
3	16-18	17	1	17	0,0625
2	14-16	0	0	0	0
1	10-14	11; 11-12	3	11,3	0,1875
Σ			= 16	Σ	= 1

Для определения частоты колебаний для каждого фрагмента подсчитывается количество экстремумов, причем соседние экстремумы, образующие размах меньше ширины класса, не подсчитывают. Значение частоты ($F_{i,\phi}$) для i – го фрагмента определяется по формуле [2, 8]:

$$F_{i,\phi} = \frac{\sum a_{i,\phi,эк}}{2 \cdot t_{i,\phi}} \tag{6}$$

где $\sum a_{i,\phi,эк}$ - сумма экстремумов (максимальных и минимальных);

$t_{i,\phi}$ - время.

По аналогичной методике определяются амплитуды напряжений и частоты по всем фрагментам записанного динамического процесса. Окончательным этапом является определение средних амплитуд напряжений с учетом всех фрагментов и их распределение по классам, а также вероятности попадания в класс соответственно по формулам (7) и (8):

$$\sigma_{ai} = \frac{\sum_{j=1}^{m} (\sigma_{cp,i})^{\phi,j}}{m}, \tag{7}$$

где $\sigma_{cp,i}$ - средние значения амплитуд напряжений в i - ом классе;

m – количество фрагментов;

j – номер фрагмента.

$$P_{ai} = \frac{\sum_{j=1}^{m} (n_i)^{\phi,j}}{\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{m} (n_i)^{\phi,j}}, \tag{8}$$

где n_i - частота попадания амплитуды в i - ый класс;

К – количество классов.

Вычислительный процесс распределения амплитуд динамических напряжений по классам приведен на рис. 3.

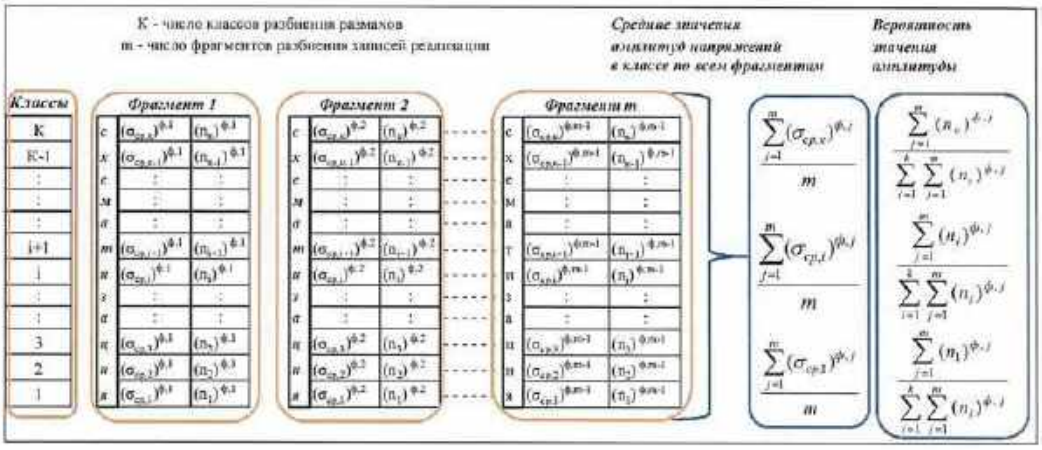


Рис. 3. **Вычислительный процесс распределения амплитуд динамических напряжений по классам**

Окончательный результат определения приведенных амплитуд динамических напряжений показан на примере грузового вагона (для упрощения выполнен для одного фрагмента) для конструкционной скорости 100 км/ч при движении на прямом участке пути со скоростью 60 км/ч (рис. 4).

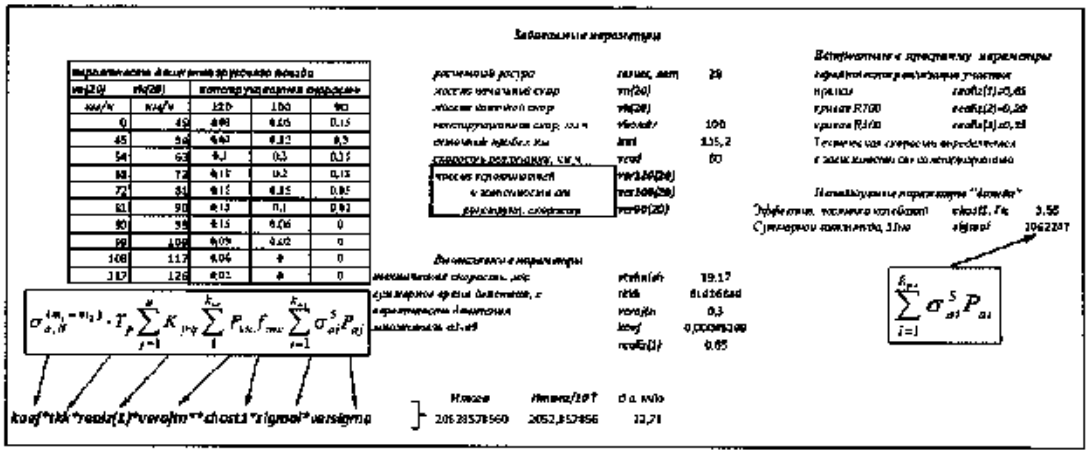


Рис. 4. **Результаты определения эквивалентных динамических напряжений от вертикальной нагрузки**

С учетом изложенной методики, разработана блочная структура алгоритма вычислительного процесса для определения эквивалентной приведенной амплитуды напряжений (рис. 5).

Каждый блок отображает воздействие сил в зависимости от условия нагружения – продольные и динамические силы при движении вагона по прямым, кривым и стрелочным переводам железнодорожного пути.

Блок 1 - Вычисление приведенных эквивалентных напряжений при ударных нагрузках (рис. 6);

Блок 2 - Вычисление приведенных эквивалентных напряжений на прямых участках пути (рис. 7);

Блок 3 - Вычисление приведенных эквивалентных напряжений на кривых участках пути радиусом 700 м (рис. 8);

Блок 4 - Вычисление приведенных эквивалентных напряжений на кривых участках пути радиусом 300 м (рис. 9);

Блок 5 - Вычисление приведенных эквивалентных напряжений на стрелочных переводах пути (рис. 10).

Во ***Блоках 2-5*** используется ***Блок R*** для вычисления амплитуд напряжений по каждой реализации (опыта) (рис. 11).

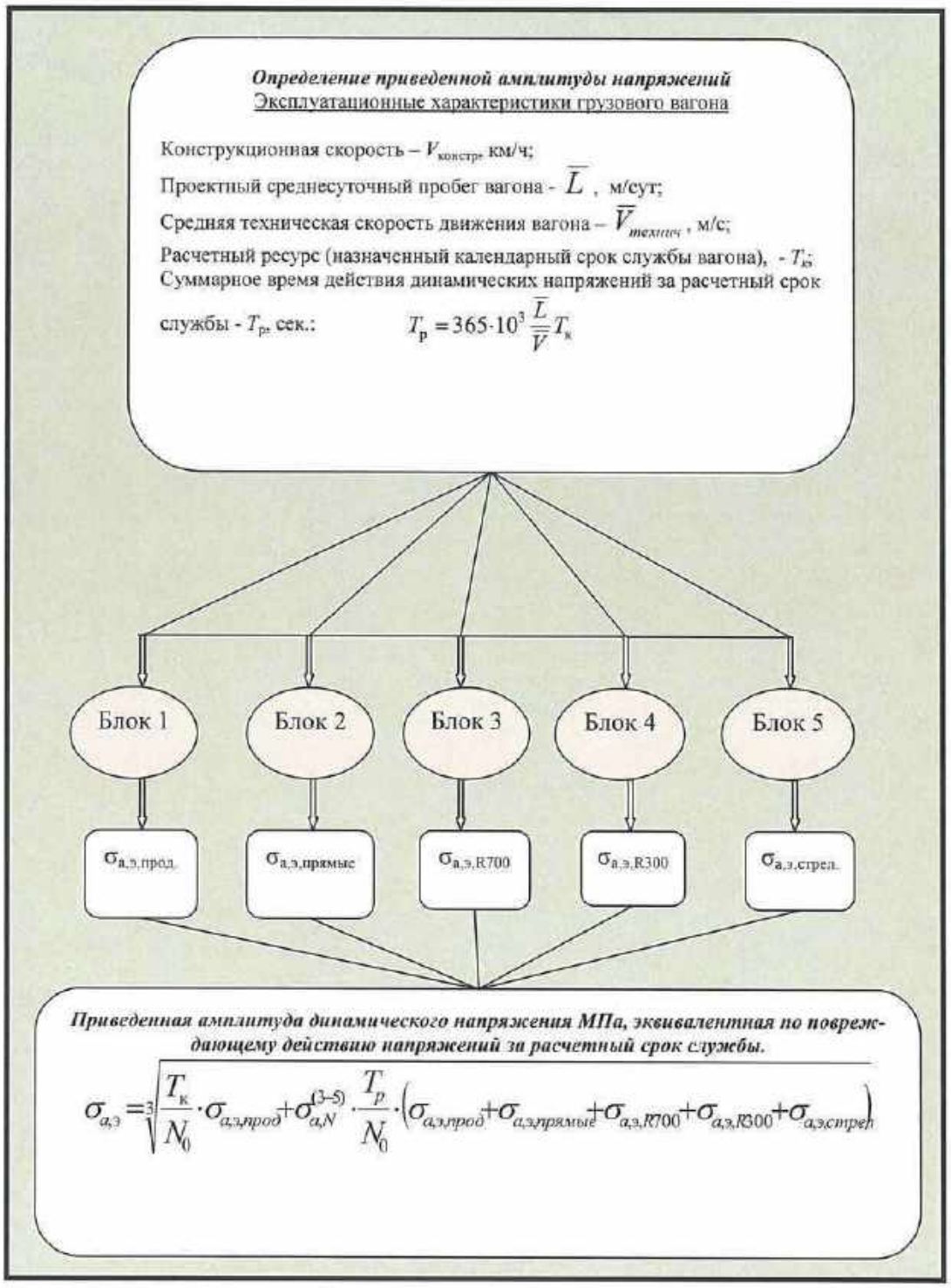


Рис. 5. **Вычислительный процесс определения приведенной амплитуды**

Рис. 6. **Вычислительный процесс определения приведенной амплитуды**

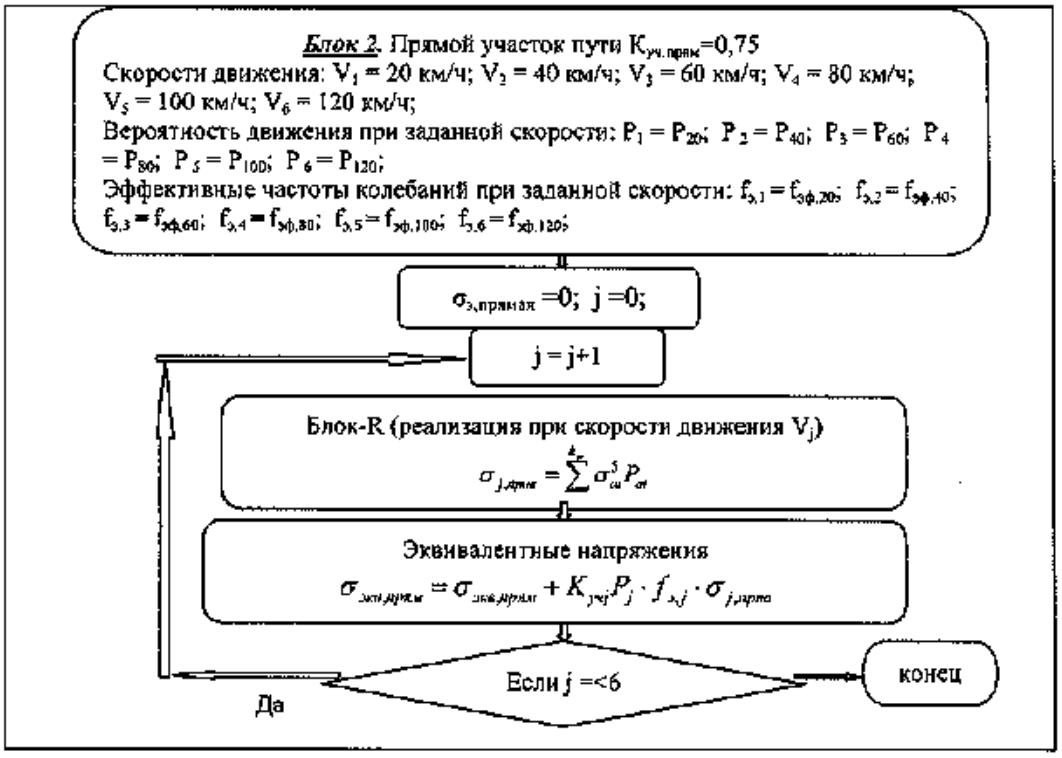


Рис. 7. **Вычислительный процесс определения приведенной амплитуды**

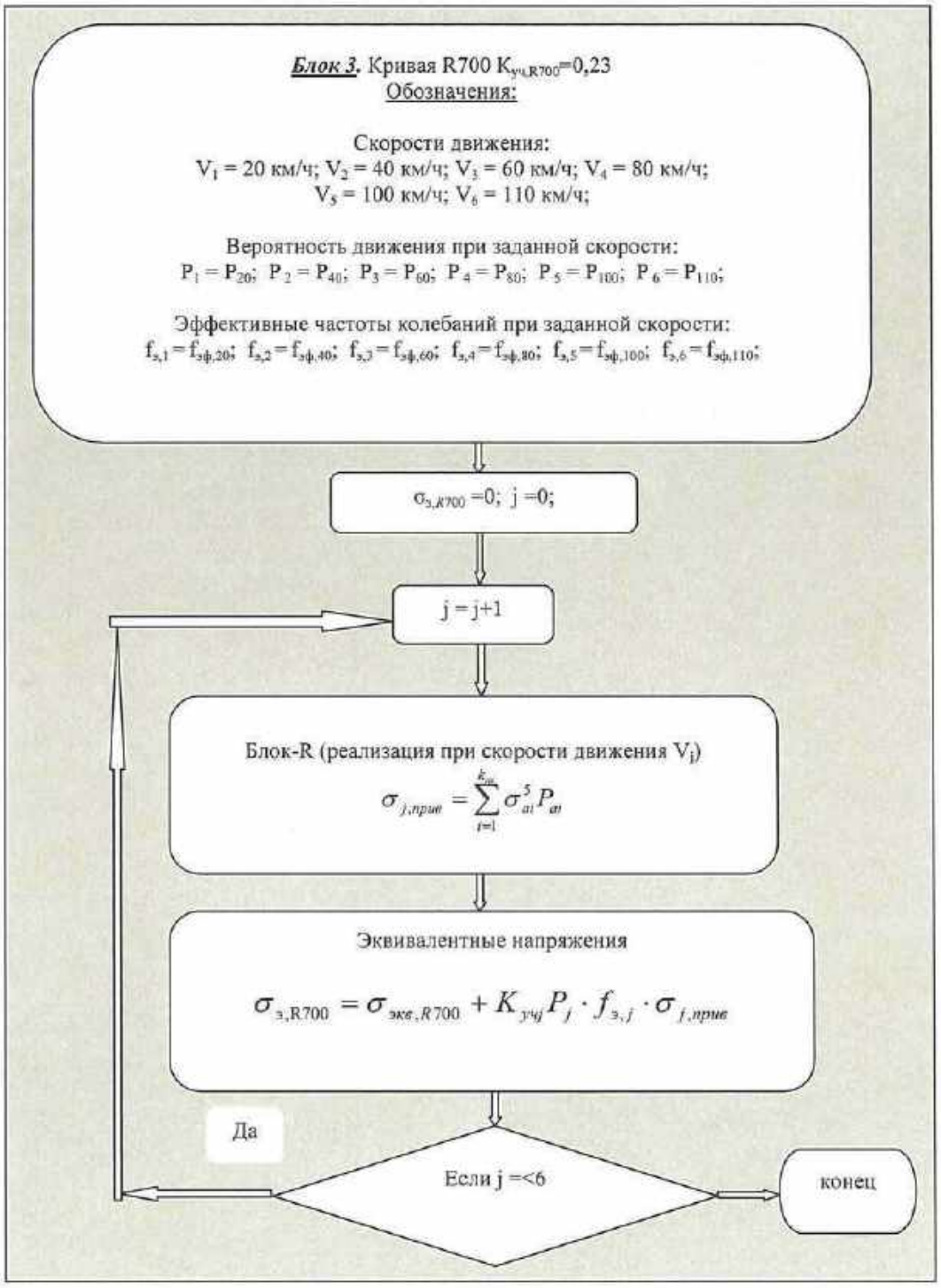


Рис. 8. **Вычислительный процесс определения приведенной амплитуды**

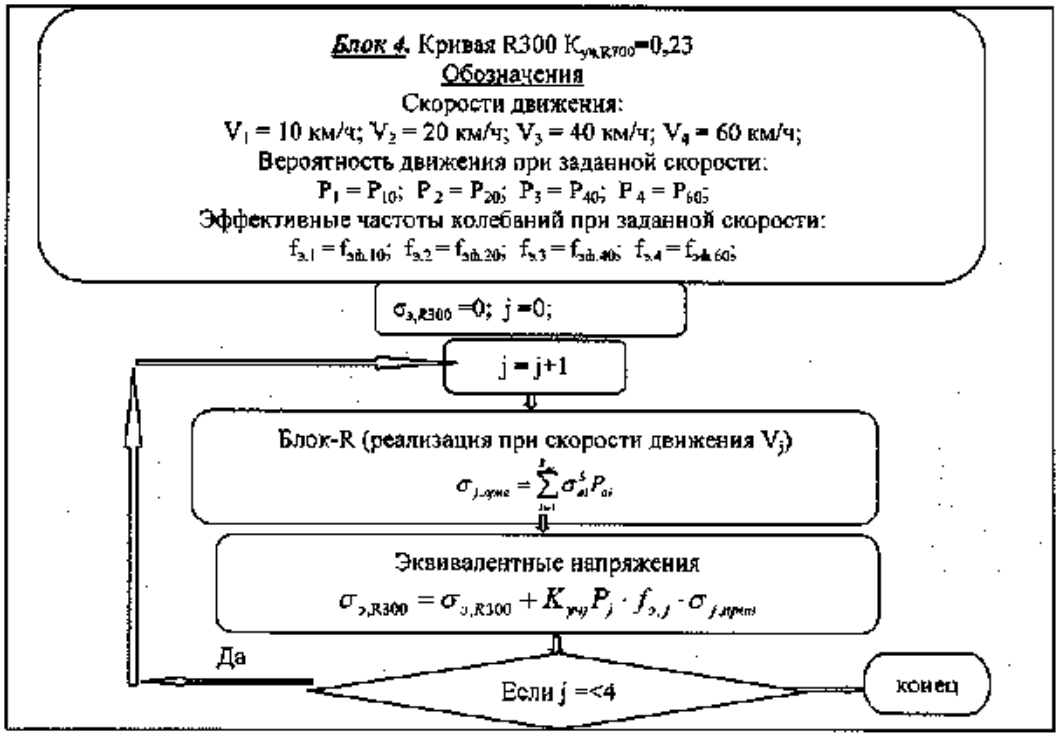


Рис. 9. **Вычислительный процесс определения приведенной амплитуды**

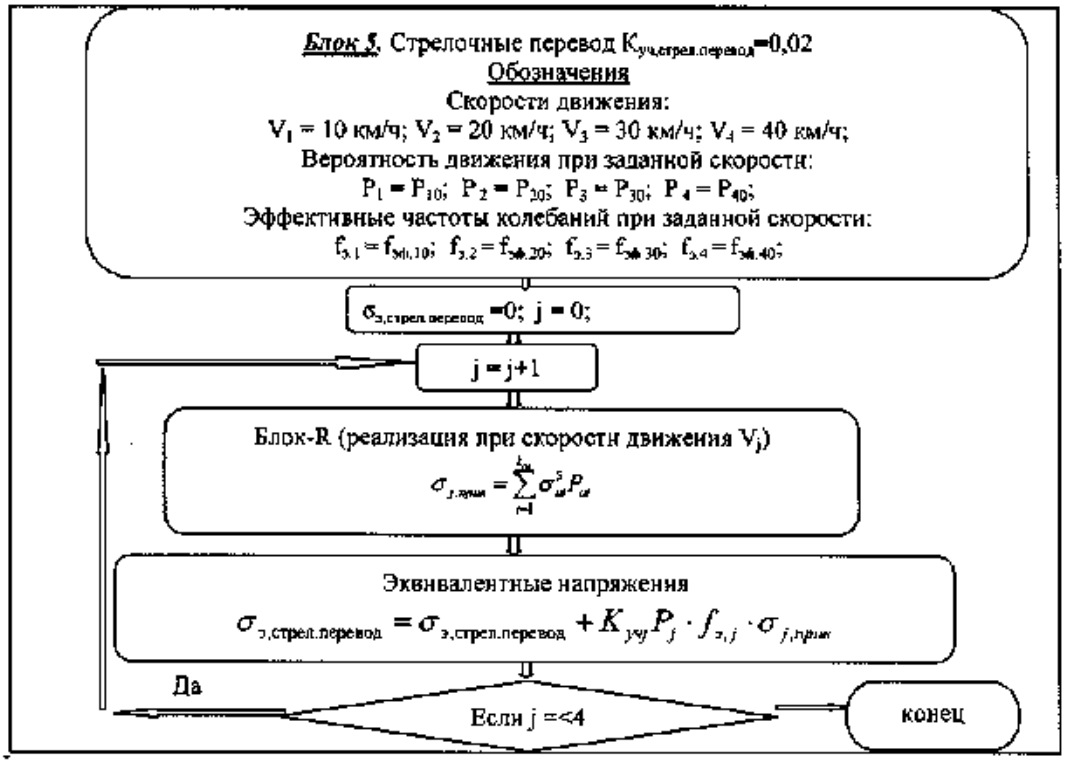


Рис. 10. **Вычислительный процесс определения приведенной амплитуды**

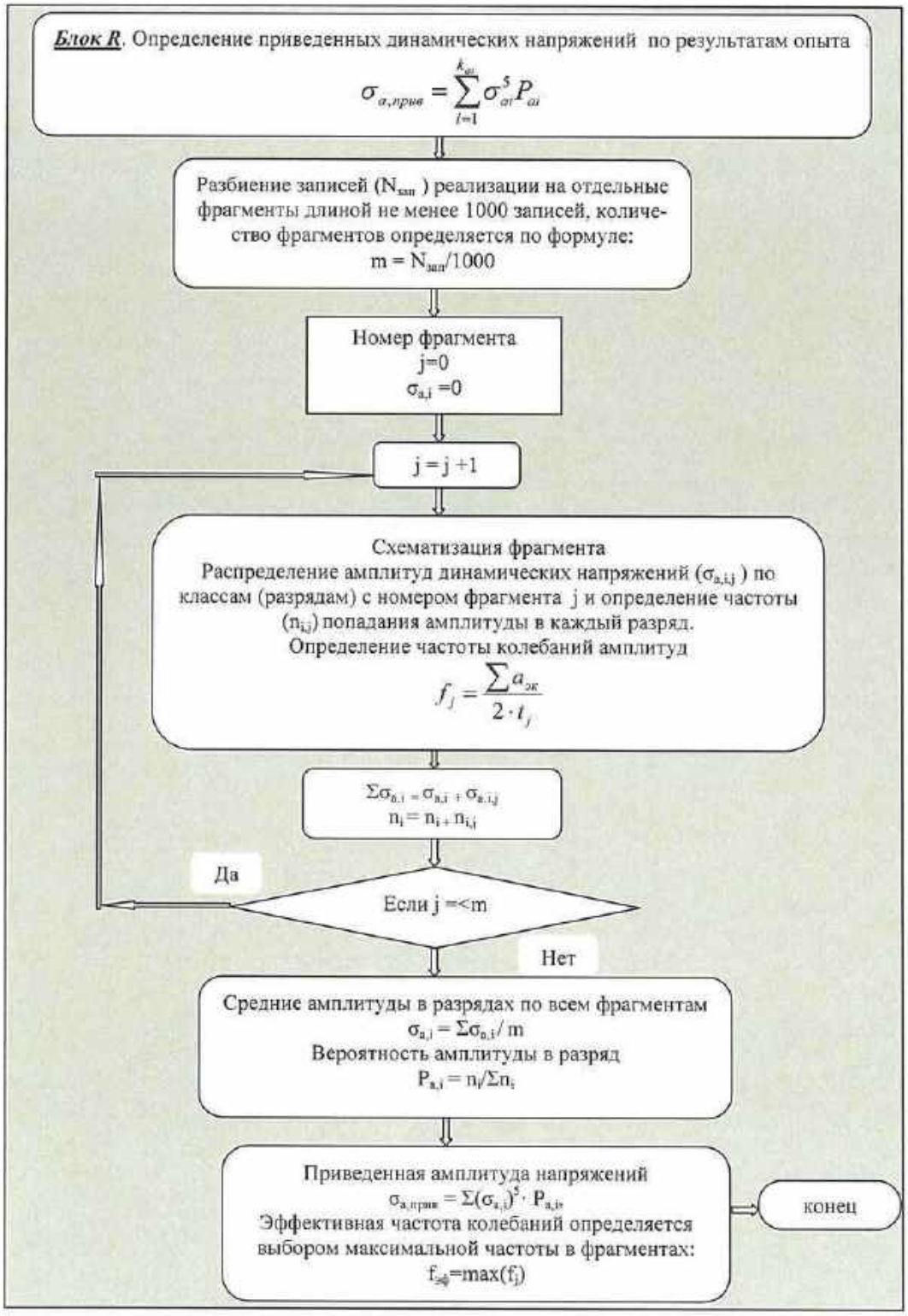


Рис. 11. **Вычислительный процесс определения приведенной амплитуды**

Вместе с тем следует отметить, что гипотеза линейного накопления повреждений не описывает влияния очередности воздействия напряжений различных уровней и предполагает одинаковую скорость накопления повреждений при нагружении заданного уровня независимо от предыдущей истории нагружения. Однако экспериментальные данные [11, 12] показывают, что порядок приложения нагрузки на самом деле играет значительную роль, а скорость накопления повреждений при заданном уровне нагружения является функцией истории циклического нагружения. В результате чего использование гипотезы линейного суммирования может привести к завышению долговечности.

В настоящее время нашли практическое применение и другие гипотезы. Все они носят вероятностный характер и имеют равные права на существование [13], а определение усталостной прочности технических устройств по различным имеющимся гипотезам позволит снизить риск ошибки при определении ресурса конкретного изделия.

Выводы. Предложенный алгоритм определения коэффициента запаса прочности грузовых вагонов разработан в виде блочной структуры, которая позволяет повысить степень автоматизации обработки экспериментальных данных. При этом каждый блок реализует отдельный вид нагружения грузового вагона при движении по рельсовому пути – прямые, кривые, стрелочные переводы, в результате уменьшается количество данных, задаваемых при испытаниях. Для каждого блока основными данными являются скорости движения вагона.

Предложенная процедура и алгоритм определения коэффициента запаса прочности грузовых вагонов позволяет повысить качество полученных результатов испытаний и исключить ошибки при обработке данных, связанные с человеческим фактором.

ЛИТЕРАТУРА

1. Махутов, Н.А. Прочность и безопасность: фундаментальные и прикладные исследования. Новосибирск: Наука, 2008. 528 с.
2. ДСТУ ГОСТ 33211-2017. Вагони вантажні. Вимоги до міцності та динамічних якостей (ГОСТ 33211-2014, IDT). [Чинний від 2017-07-11]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 58 с. (Національний стандарт України).
3. ГОСТ 33788-2016. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и динамические качества. М.: Стандартинформ, 2016. 41 с. (Межгосударственный стандарт).
4. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. 352 с.
5. РД 24.050.37-95. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества. М.: ГосНИИ вагоностроения, 1995. 101 с.
6. А.О. Сулим, П.О. Хозя, Ю.Я. Волянніков, С.О. Столєтов, І.І. Федорак. Алгоритм визначення еквівалентних напружень в рамі вантажного вагона від поздовжніх сил за результатами випробувань на співудар // «Рейковий рухомий склад». Збірник наукових праць ДП «УкрНДІВ».2021. Вип. 22, С. 3-17.
7. ГОСТ 23207-78. Сопротивление усталости. Основные термины, определения и обозначения. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1978. 48 с.
8. ГОСТ 25.101-83. Методы схематизации случайных процессов нагружения элементов машин и конструкций и статистического представления результатов. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1984. 25 с.
9. Сенько В.И., Макеев С.В., Комиссаров В.В. Методические основы определения коэффициента запаса сопротивления усталости при натурных испытаниях подвижного состава. //

НАУКА – ОБРАЗОВАНИЕ – ПРОИЗВОДСТВО : Опыт и перспективы развития : сборник материалов XIV Международной научно-технической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Е. Г. Зудова (8–9 февраля 2018 г.) : в 2-х т. Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ. 2018. Т. 1. С. 201-212.

10. А.М. Сафронов, П.А. Хоэя, Ю.Я. Водянников, В.С. Речкалов, О.В. Орлов Методы схематизации эксплуатационной нагруженности грузового вагона // «Рейковий рухомий склад». Збірник наукових праць ДП «УкрНДІВ».2021. Вип. 22, С. 53-68.

11. Карзов Г.П., Марголин Б.З., Швецова В.А. Физико-механическое моделирование процессов разрушения.СПб. : Политехника, 1993. 391 с.

12. Корнилова А.В. Определение общей долговечности и остаточного ресурса объекта по критерию многоцикловой усталости // Безопасность труда в промышленности. 2008. № 1. С. 47–51.

13. Когаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях переменных во времени. М.: Машиностроение, 1977. 232 с.

O.M. Safronov
State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine.
Tel.: (05366) 6-03-24
A.O. Sulym
State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute
33 I. PrikhodkaStr, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine.
Tel.: (05366) 6-03-34
Yu.Ya. Vodiannikov
State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "
33 I. PrikhodkaStr, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine.
Tel.: (05366) 6-13-24
P. A. Hozya
StateEnterprise "UkrainianResearchRailwayCarBuldingInstitute "
33 I. PrikhodkaStr, Kremenchuk, Poltavaregion, 39621, Ukraine.
Tel.: (05366) 6-20-43
V.S. Rechkalov
StateEnterprise "UkrainianResearchRailwayCarBuldingInstitute "
33 I. PrikhodkaStr, Kremenchuk, Poltavaregion, 39621, Ukraine.
Tel.: (05366) 6-13-24

PROCEDURE AND ALGORITHM FOR DETERMINING THE COEFFICIENT OF THE FREIGHT WAGON STABILITY IN COMPLIANCE WITH CURRENT REQUIREMENTS

Improving the reliability of test results is achieved by applying more advanced methods of recording and processing the results. Therefore, an important part of the study of the strength of freight wagons is the choice of methods for obtaining, processing and analyzing experimental data.

The article outlines the procedure and algorithms for determining the equivalent stresses under longitudinal and dynamic loads acting during operation.

It is shown that algorithms for determining stresses generated by dynamic longitudinal and vertical forces are significantly different due to various load application schemes. Thus, the testing of freight wagons under dynamic longitudinal loads is carried out by the impact against an experimental wagon, and testing under dynamic vertical forces is performed during the wagon motion in the composition of the experimental train on the characteristic, pre-selected (planned) sections of the railway track at specified speeds.

To estimate the level of loading of the freight wagon structureunder vertical dynamic loads, a method based on the replacement of a real random process is used by some schematized process, which in terms of the fatigue damage accumulation should be equivalent to a real process. From the whole variety of schematic methods, two methods stand out, i.e., the full cycle method and the rainflow method, which most fully represent the real process.The advantage of the rainflow method is the ability to process the process in real time. However, the algorithm of the rainflow method is quite complicated and does not allow processing large amounts of information. In this regard, a method of maximum discharge was proposed, which is a kind of full cycles method and allows you to process an unlimited amount of information online.

An example specified in GOST 25.101 was used for a comparative analysis of the rainflow and maximum discharge methods. Analysis showed a satisfactory matching of both methods.

Based on the procedure outlined, the block structure of the computational process is proposed to determine the equivalent reduced voltage amplitude.

Each block displays the impact of the forces depending on the loading condition, that is, longitudinal impact force and dynamic forces when the wagon is moving on straight track sections, curves and switches of the railway track.

Key words: *wagon car, process, dynamic load, longitudinal load, voltage, amplitude, algorithm, equivalent stress, safety margin, strength.*

REFERENCES

1. Mahutov N.A. (2008). Prochnost i bezopasnost: fundamentalnyie i prikladnyie issledovaniia [Strength and safety: basic and applied research] Novosibirsk: Nauka [in Russian]

2. Vagony hruzovyie. Trebovaniia k prochnosti i dinamichieskim kachiestvam [Freight cars. Requirements for strength and dynamic qualities]. (2016). DSTU HOST 33211-2014. Moscow: Standartinform [in Russian]

3. Vagony hruzovyie i passazhirskie. Metody ispytanii na prochnost i dinamicheskie kachestva [Freight and passenger cars. Test methods for strength and dynamic qualities]. (2016). HOST 33788-2016. Moscow: Standartinform [in Russian]

4. Normy dlia rascheta i proektirovaniia vagonov zheleznyh doroh MPS kolei 1520 mm (nesamohodnyh) [Standards for calculation and design of railway cars of the Ministry of Railways for 1520 mm gauge (non-self-propelled] (1996). Moscow. GosNIIV-VNIIZhT [in Russian]

5. Vagonyhruzovyie i passazhirskie. Metody ispyitanii na prochnost i hodovyie kachestva[Freight and passenger cars. Test methods for strength and ride quality]. (1995). RD 24.050.37-95. Moscow: HosNII vagonostroeiniia [in Russian]

6. Sulym A.O., Khozia P.O., Vodiannikov Yu.Ya., Stolietov S.O. &. Fedorak I.I (2021). Alhorytm vyznachennia ekvivalentnyh napruzhen v rami vatazhnoho vahona vid pozdovzhnih syl za rezultatam yvyprobuvan na spivudar [Algorithm for determining equivalent stresses in the frame of a freight wagon generated by longitudinal forces based on the results of impact tests]. Reikovyi ruhomyi sklad - Railbound rolling stock, 22), pp. 3-17). Kremenchuk [in Ukrainian]

7. Soprotivlienie ustalosti. Osnovnyie terminy, opriedielieniia i oboznachenii. [Fatigue resistance. Basic terms, definitions and notations]. (1978). HOST 23207—78. Moscow: Hosudarstvennyiy komitet SSSR po standartam [in Russian]

8. Mietody skhematizatsii sluchainyh protsessov nagruzheniia eliementov mashin i konstruktsii i statisticheskoho priedstavleniia rezultatov. [Methods of schematization of random loading processes of machines and structures elements and statistical representation of results. HOST 25.101-83 from 12-th of July 1983 [in Russian]

9. Senko V. I., Makiciev S. V. & Komissarov V. V. Mietodicheskie osnovy opriedieleniia koeffitsienta zapasa soprotivleniia ustalosti pri naturnyh ispytaniiah podvizhnoho sostava.[Methodical bases for determining the fatigue resistance safety coefficient during field tests of rolling stock]. Homel: ITsZhT «SEKO», BelGUT. (pp. 201-212) [in Russian]

10. Safronov A.M., Hozya P.A., Vodiannikov Yu.Ya., Rechkalov, O.V., & Orlov O.V. (2021). Metody skhematizatsii ekspluatatsionnoi nagruzhennosti hruzovoho vahona. Reikovyi ruhomyi sklad - Railbound rolling stock (Iss.22), pp. 53-68. Kremenchuk [in Russian].

11. Karzov G.P., Margolin B.Z., & Shvetsova V.A. (1993). Fiziko-miehanichieskoie modelirovanie protsessov razrusheniia [Physico-mechanical modeling of destruction processes]. Saint-Petersburg: Politehnika [in Russian]

12. Kornilova, A.V. (2008). Opriedielienie obschei dolgovechnosti i ostatochnoho resursa obiekta po kriteriiu mnogotsiklovoi ustalosti [Determination of the total durability and residual life of the object by the criterion of multicycle fatigue]. Bezopasnost truda v promyshlennosti - Occupational safety in industry, 1, pp. 47–51[in Russian]

13. Kohaiev, V.P. (1977). Raschety na prochnost pry napriazheniiakh pieriemiennykh vo vriemieni [Strength calculations at stresses of variables in time]. Moscow: Mashinostroienije [in Russian]

УДК 629.463.67 **DOI: 10.47675/2304-6309-2021-23-54-73**

А.О. Сулим*
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-03-54
А.М. Стринжа
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-13-84
О.О. Бородай
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-13-84
В.В. Федоров
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-13-84

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ВАГОНІВ-ДУМПКАРІВ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОГО ТРАНСПОРТУ

В статті розглянуто моделі вагонів-думпкарів, які складають основу сучасного парку промислового залізничного транспорту. Представлено конструктивні особливості вагонів-думпкарів, які застосовуються для перевезення і автоматизованого вивантаження вугільно-рудних порід, грунту, піску, щебеню та інших подібних вантажів на вітчизняних промислових підприємствах. Наведено моделі сучасних вагонів-думпкарів вітчизняного виробництва для промислового залізничного транспорту, які були створенні та поставлені у серійне виробництво протягом останніх десяти років. Визначено основні чинні вимоги відповідно до яких проектуються та виготовляються вагони-думпкари. За результатами порівняльного аналізу технічних характеристик вагонів-думпкарів минулого покоління до сучасних моделей вагонів-думпкарів встановлено, що одними з головних переваг останніх є підсилення міцності і надійності окремих вузлів та систем. Визначено основні напрямки вдосконалення конструкції сучасних моделей вагонів-думпкарів вітчизняного виробництва для промислового залізничного транспорту.

© ***Сулим А.О., Стринжа А.М., Бородай О.О., Федоров В.В.***

Запропоновано технічні вимоги до вагонів-думпкарів наступного покоління, які планується створити та впровадити до серійного виробництва у 2022-2026 роках для експлуатації на коліях промислових підприємств. Технічні вимоги сформовано з урахуванням результатів досліджень конструкцій сучасних вагонів-думпкарів промислового призначення, огляду технічної та конструкторської документації на ці вагони, а також аналізування вимог та побажань замовників. Обґрунтовано необхідність проведення відповідних науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт з розроблення вагонів-думпкарів нового покоління для промислового залізничного транспорту. Матеріали статті сприятимуть створенню нових моделей вагонів-думпкарів для промислового залізничного транспорту та глибокій модернізації існуючих моделей, а також підвищенню ефективності їх експлуатації.

Ключові слова: *вагон-думпкар, міжремонтний інтервал, міцність, промисловий залізничний транспорт, ресурс.*

А.А. Сулим*
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-03-54
А.Н. Стрынжа
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-13-84
А.А. Бородай
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-13-84
В.В. Федоров
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-13-84

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВАГОНОВ-ДУМПКАРОВ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ТРАНСПОРТА

В статье рассмотрены модели вагонов-думпкаров, которые составляют основу существующего парка промышленного железнодорожного транспорта. Представлены конструктивные особенности вагонов-думпкаров, которые

применяются для перевозки и автоматизированной разгрузки угольно-рудных пород, грунта, песка, щебня и других подобных грузов на отечественных промышленных предприятиях. Приведены модели современных вагонов-думпкаров отечественного производства для промышленного железнодорожного транспорта, созданные и поставлены на серийное производство на протяжении последних десяти лет. Определены основные действующие требования в соответствии, с которыми проектируются и изготавливаются вагоны-думпкары. По результатам сравнительного анализа технических характеристик вагонов-думпкаров прошлого поколения к современным моделям вагонов-думпкаров установлено, что одними из главных преимуществ последних является усиление прочности и надежности отдельных узлов и систем. Определены основные направления усовершенствования конструкции современных моделей вагонов-думпкаров отечественного производства для промышленного железнодорожного транспорта.

Предложены технические требования к вагонам-думпкарам следующего поколения, которые планируются создать и внедрить в серийное производство в 2022-2026 годах для промышленных предприятий. Технические требования сформировано с учетом результатов исследований конструкций современных вагонов-думпкаров промышленного назначения, обзора технической и конструкторской документации на эти вагоны, а также требований и пожеланий заказчиков. Обоснована необходимость проведения соответствующих научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке вагонов-думпкаров нового поколения для промышленного железнодорожного транспорта. Материалы статьи будут способствовать созданию новых моделей вагонов-думпкаров для промышленного железнодорожного транспорта и глубокой модернизации существующих моделей, а также повышению эффективности их эксплуатации.

Ключевые слова: *вагон-думпкар, межремонтный интервал, промышленный железнодорожный транспорт, прочность, ресурс.*

Вступ. Вагон-самоскид або думпкар (далі – вагон-думпкар) – саморозвантажний вагон, кузов якого під час розвантажування нахиляється на один бік пневматичним пристроєм. За допомогою вагонів-думпкарів здійснюється перевезення і автоматизоване вивантаження вугільно-рудних порід, ґрунту, піску, щебеню та інших подібних вантажів.

Вагон-думпкар складається з нижньої рами, кузова та візків. На нижній рамі монтується пневматична система з циліндрами, автозчепний пристрій та гальмівна система. Кузов включає верхню раму з настилом підлоги, два поздовжніх борти, дві лобові стінки з вмонтованими в них механізмами відкривання бортів. Конструкція вагона-думпкара розрахована на падіння вантажу масою до 3 тон з висоти 3 метри за наявності попередньої підсипки мілкого вантажу шаром не менше ніж 0,3 метри. Спеціальна конструкція відкритого кузова дозволяє завантажувати сипкі та великих розмірів матеріали механізованими засобами, в тому числі екскаваторами з підвищеним об'ємом ковша. Даний тип вагону широко застосовується як на магістральних залізничних коліях, так і на промислових підприємствах [1, 2].

В цій статті запропоновано більш детально зупинитись на вагонах-думпкарах, призначених для перевезення вантажів на території промислових підприємств. Ос-

новною відмінністю вагонів-думпкарів для промислового транспорту є підвищені вантажопідйомність, осьове навантаження, об'єм кузова.

Аналіз останніх досліджень та постановка проблеми. На даний час в експлуатації промислових підприємств знаходиться понад 20 різних моделей вагонів-думпкарів [3]. Аналіз існуючого вітчизняного парку вагонів-думпкарів промислових підприємств дозволив встановити, що його основу складають вагони моделей 32-4079, 2ВС-105 (31-634), 33-678, 33-682, 33-9035, ВС-145 (31-631), які побудовані ще у 70-90 роках минулого століття [1–5]. Вагони-думпкари зазначених моделей серійно виготовлялись на ВАТ «Калінінградський вагонобудівний завод», ВАТ «Стахановський вагонобудівний завод», ВАТ «Завод металоконструкцій», ВАТ «Дніпровагонмаш», польських підприємствах (Зелена Гура, Засталь, Констал) [3]. Слід зазначити, що деякі із вище перелічених підприємств продовжують серійний випуск зазначених моделей. Основні технічні характеристики цих моделей вагонів-думпкарів зображено в таблиці 1.

Таблиця 1. - **Технічні характеристики вагонів-думпкарів** [2–8]

Найменування характеристики	Модель вагона-думпкара					
	32-4079	2ВС-105 (31-634)	33-678	33-682	33-9035	ВС-180 (31-631)
1	2	3	4	5	6	7
Вантажопідйомність, т	90	105	105	105	105	180
Об'єм кузова, м^3	38	50	50	50	50	59,2
Маса тари вагона, т	38	48,5	50	57	51	67
Коефіцієнт тари	0,42	0,46	0,48	0,54	0,49	0,372
Питомий об'єм, м^3/т	0,42	0,48	0,48	0,48	0,48	0,33
Розрахункове навантаження від колісної пари на рейку, кН (тс)	313,9 (32,0)	251,1 (25,6)	252,8 (25,8)	264,9 (27,0)	255,0 (26,0)	302,9 (30,9)
Погонне навантаження, кН/м (тс/м)	103,2 (10,5)	101,0 (10,3)	101,0 (10,3)	105,6 (10,8)	102,0 (10,4)	166,2 (16,9)
Ширина колії, мм	1520	1520	1520	1520	1520	1520
Конструкційна швидкість, км/год - на коліях промислового транспорту; - на магістральних коліях в порожньому стані;	 40 100	 70 *	 70 80	 60 80	 55 100	 70 100
База вагона, мм	7750	9340	9340	9340	9340	8120
Довжина по осях зчеплення, мм	12170	14900	15040	15040	15036	14580
Кількість розвантажувальних циліндрів, шт	4	6	6	6	6	8
Максимальна ширина кузова, мм	3400	3520	3254	3254	3518	3464

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Кут нахилу кузова під час розвантаження, °	45	45	45	45	45	45
Кількість осей, шт	4	6	6	6	6	8
Модель візка	18-477	УВЗ-7, УВЗ-10м, УВЗ-11А	18-522	18-522	18-522	18-477
Габарит по ГОСТ 9238	1-Т	1-Т	1-Т	1-Т	Тпр	Т
Мінімальний радіус вписування в криву, м	80	80	80	80	80	80
Нормативний строк служби, років	15	22	15	22	15	15
Рік постановки на серійне виробництво	1994	1967, 1974	1993	1998	1988	1963

*Примітка. Конструкційна швидкість руху згідно з вказівкою № Г-4217у від 17.10.1986 р.

Значний внесок у розробку, створення та впровадження вагонів-думпкарів промислового призначення зробили співробітники Дніпродзержинського вагонобудівного заводу (нині – ПрАТ «Дніпровагонмаш»), Калінінградського вагонобудівного заводу, Заводу металоконструкцій та ряду інших підприємств. Результати праці цих колективів висвітлено в роботах Логінова О.І., Афанаскіна М.Є. [2], Каблукова В.А, Савчука О.М. [4], Калмикова В.Г., Кузнецова О.Г. [9], Шадура Л.А. [10]. Слід зазначити, що впровадження вагонів-думпкарів промислового призначення дозволило підвищити продуктивність праці та суттєво знизити витрати на навантажувально-розвантажувальні роботи.

За даними з відкритих джерел інформації відомо, що серед перелічених моделей на вітчизняних підприємствах найбільшу частку складають вагони-думпкари типу 2ВС-105 (модель 31-634), зовнішній вигляд якого зображено на рис. 1. Тому конструкційні особливості вагонів-думпкарів для промислового транспорту пропонується розглянути саме на прикладі цієї найбільш поширеної моделі.

а) б)

Рис. 1. **Зовнішній вигляд вагона-думпкара типу 2ВС-105 (модель 31-634):**
а – в порожньому стані; б – в завантаженому стані

Вагон-думпкар типу 2ВС-105 (модель 31-634) представляє собою суцільнометалеву зварну конструкцію, яка складається з нижньої рами, кузова та двох трьохвісних візків. Нижня рама призначена для сприйняття ударно-тягових зусиль та передачі навантажень від кузова на візки. Верхня рама з настилом підлоги, два відкидних поздовжніх борта та лобові стінки з внутрішньо розміщеними механізмами відкривання бортів складають кузов вагона-думпкара.

Конструкцію вагона-думпкара типу 2ВС-105 (модель 31-634) запропоновано розглянути на прикладі креслеників, який зображено на рис. 2.

Нижня рама (1) складається з хребтової балки (2), шворневих (3), циліндрових (4) та інших кронштейнів (рис. 2). Хребтова балка коробчастого перерізу складається з двох двотаврів, зварених разом нижнім та верхнім листами. Шворневі кронштейни також коробчастого перерізу, складаються з двох вертикальних листів товщиною 12 мм, які перекриті знизу та зверху стальними листами товщиною відповідно 14 та 16 мм.

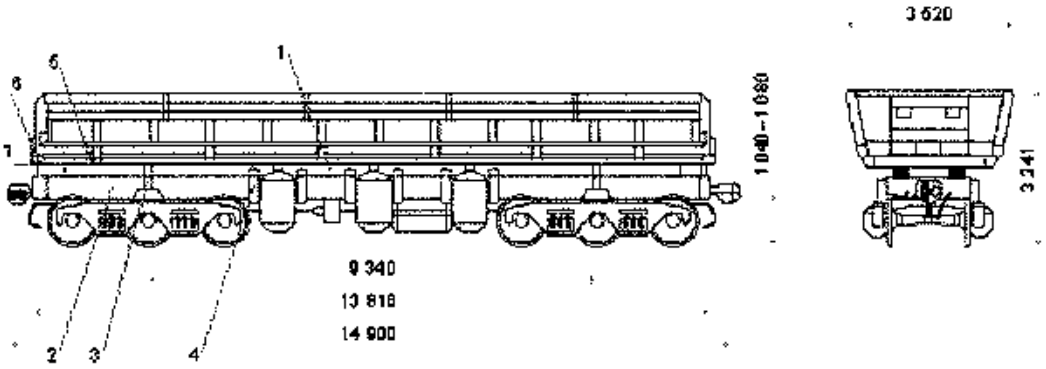


Рис.2. **Кресленик вагона думпкара типу 2ВС-105 (модель 31-634)**

Верхня рама (5) складається з двох поздовжніх центральних балок (6), двох крайніх поздовжніх швелерів, підсилених козирками та двох крайніх поперечних швелерів. Центральні балки, виконані з чотирьох швелерів, які зв'язані з крайніми поздовжніми швелерами поперечними балками.

Настил підлоги (7) верхньої рами трьохшаровий і складається з листа нижньої підлоги товщиною 4 мм, дерев'яного прошарку з брусів товщиною 75 м, укладених в поздовжньому напрямку та листа верхньої підлоги товщиною 14 мм. Дерев'яні бруси кріпляться з обох сторін вагона верхньої рами за допомогою дерев'яних колодок та клинів товщиною 75 мм.

Поздовжній борт складається з верхнього пояса, нижньої поздовжньої балки, внутрішнього листа, поперечних П-подібних штамповок та литих кронштейнів борта, за допомогою яких борт шарнірно з'єднується з верхньою рамою. По кінцям борта приварюються штампо-зварні петлі борта з отворами для шарнірного з'єднання з тягами механізму відкривання.

Лобова стінка складається з внутрішнього листа, козирка, вертикальних стійок, внутрішнього та зовнішнього кронштейнів для кріплення механізму відкривання

бортів та косинок. Лобова стінка до верхньої рами кріпиться за допомогою електрозварювання.

Основні несучі елементи нижньої рами та кузова виготовлені з низьколегованої сталі 09Г2.

Вагони-думпкари типу 2ВС-105 (модель 31-634) обладнані трьохвісними візками виробництва Уральського вагонобудівного заводу (рис. 3). Три колісні пари (1) з'єднанні попарно зчленованими боковими рамами (2). Візок має дві поперечні балки (3), дві поздовжні (6) та шворневу (8) балки, два ковзуни (7), шість балансирів, дванадцять ресорних комплектів з гасниками коливань (4), шість букс (5) з роликовими підшипниками та один незамковий шворінь. Поздовжні та шворневі балки з'єднані в одну виливку.

Вагон-думпкар моделі має механізм відкривання бортів та пневматичну систему. Механізм відкривання бортів монтується усередині лобової стінки і складається з двох литих важелів, шарнірно закріплених на центральному валику, двох регулювальних тяг, з'єднуючих литі важелі та петлі бортів, двох упорних тяг, з'єднуючих литі важелі з кронштейнами на нижній рамі. За допомогою регулювальних тяг здійснюється регулювання зазору між поздовжнім бортом та лобовою стінкою.

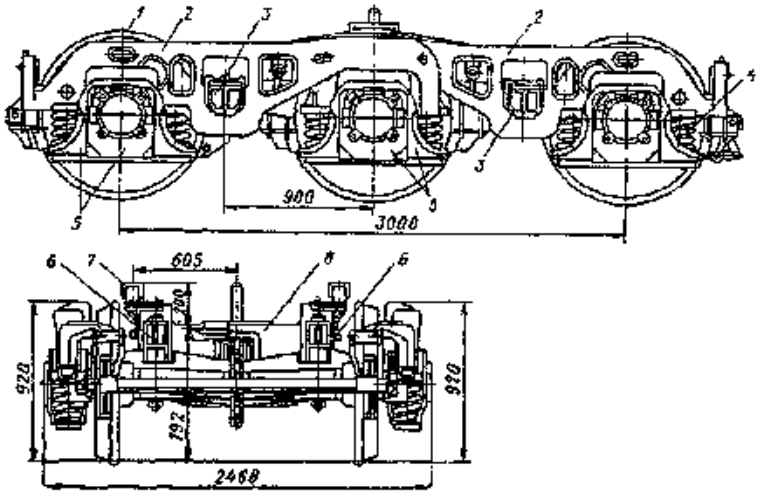


Рис. 3. **Зовнішній вигляд трьохвісного візка для вагона-думпкара типу 2ВС-105 (модель 31-634)**

Пневматична система думпкара складається з двох самостійних, незалежних одна від іншої систем: гальмівної та пневматичного розвантаження.

Гальмівна система призначена для гальмування вагона-думпкара і складається з гальмівної магістралі, запасного резервуара, повітророзподільника, гальмівного циліндра, роз'єднувального крана, кінцевих кранів.

Система пневматичного розвантаження призначена для нахилу кузова вагона-думпкара під час розвантаження на будь-яку сторону залізничної колії та складається з живильної магістралі, повітророзподільника, циліндра нахилу кузова

одинарної та подвійної дії, кранів розвантаження. Циліндри нахилу кузова забезпечують нахил кузова вагона-думпкара шляхом його повороту відносно нижньої рами на кут 45°. Циліндр складається з корпусу зі звареними до нього цапфами та штамповками, кришки, днища, поршня з ущільнювальними манжетами, штока. В горловині кришки циліндра одинарної дії встановлено повстяне ущільнювальне кільце, а у циліндра подвійної дії гумова манжета. Поршень циліндра подвійної дії відрізняється від поршня циліндра одинарної дії наявністю двох манжет замість однієї.

Дійсно, протягом тривалого часу за конструкцією та техніко-економічними характеристиками зазначені моделі вагонів-думпкарів задовольняли потреби промислових вітчизняних підприємств. Однак, на даний час зростання промислового виробництва гірничодобувної, будівної, металургійної промисловості потребує використання сучасних інноваційних вагонів-думпкарів удосконаленої конструкції з покращеними техніко-економічними характеристиками. До основних недоліків конструкції вищезазначених моделей вагонів-думпкарів, в тому числі вагона-думпкара типу 2ВС-105 (модель 31-634), слід віднести: низькі вантажопідйомність та питомий об'єм, що зумовлює високе значення коефіцієнта тари, використання в конструкції вагонів сталей минулого покоління з недостатніми фізико-хімічними (міцносними та корозієстійкими характеристиками) порівняно з сучасними марками сталей та сплавів, складна технологія виготовлення вагонів (підвищена матеріаломісткість та трудомісткість), недостатня надійність роботи механізму розвантаження у зимовий період за низьких температур навколишнього середовища та інші.

Аналіз чималої кількості літературних джерел, факт старіння парку рухомого складу промислових підприємств та необхідності його термінового оновлення, підтвердив актуальність проведення досліджень з удосконалення конструкції існуючих та створення нових моделей вагонів-думпкарів для промислового транспорту. Отже, для оновлення парку рухомого складу промислових підприємств в цілому та вантажних вагонів зокрема, необхідне створення вагонів-думпкарів нового покоління. Тому, тема даного дослідження, пов'язана з розглядом конструктивних особливостей вагонів-думпкарів вітчизняного виробництва та перспективи їх удосконалення, є важливою і актуальною для розвитку парку промислового залізничного транспорту, гірничодобувної, будівельної, металургійної промисловості та ряду суміжних галузей.

Мета статті. Розглянути особливості конструкції сучасних вагонів-думпкарів для промислового залізничного транспорту; описати основні вимоги до цих вагонів; визначити основні шляхи і перспективи удосконалення та розвитку їх конструкції; запропонувати технічні вимоги до вагонів-думпкарів для промислових підприємств наступних поколінь.

Дослідження конструктивних особливостей вагонів-думпкарів вітчизняного виробництва для промислових підприємств проводиться шляхом вивчення конструкторської документації різних виробників, за матеріалами публікацій наукового та практичного характеру, а також даними розробників, що отримані в ході теоретичних і експериментальних досліджень, протягом останніх 10 років.

Протягом останніх десяти років вітчизняними підприємствами було освоєно та виконано постановку на виробництво вагонів-думпкарів моделей 33-980, 33-9901, 33-9908, 33-9908М, 33-9909, 33-9909Н, 33-7141. Зовнішній вигляд деяких з

перелічених моделей вагонів-думпкарів зображено на рис. 4, їх технічні характеристики представлено в табл. 2.

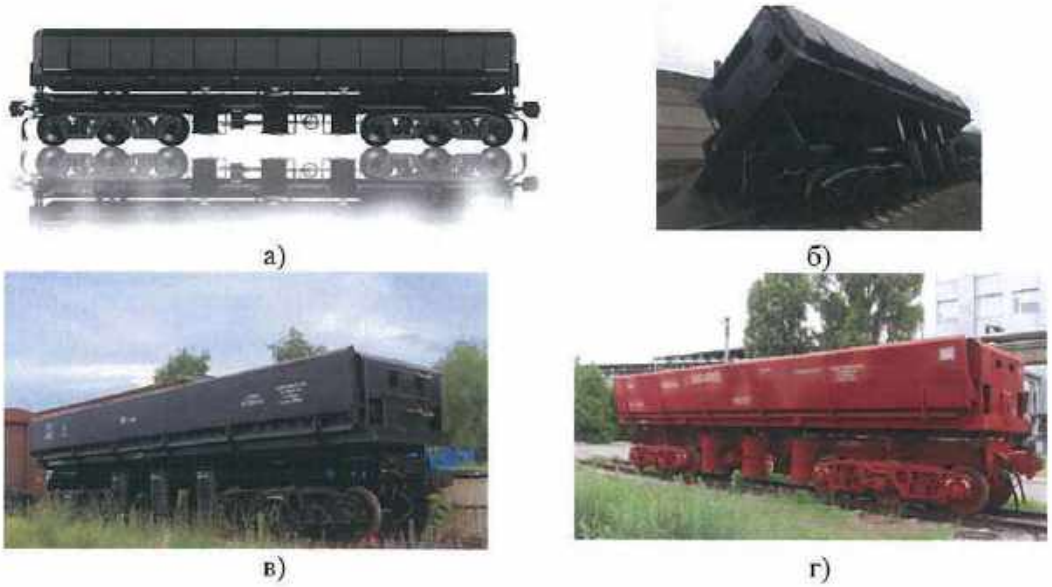


Рис. 4. **Зовнішній вигляд вагонів-думпкарів моделей:**
а) 33-980; б) 33-9901; в) 33-9908; г) 33-7141

Таблиця 2.- **Основні технічні характеристики вагонів-думпкарів** [11–14]

Найменування характеристики	Модель вагона-думпкара			
	33-980	33-9901	33-9908	33-7141
Вантажопідйомність, т	105	105	105	115
Об'єм кузова, $м^3$	50	50	50	55
Маса тари вагона, т	51,0	53,0	54,0	51,2
Коефіцієнт тари	0,486	0,505	0,514	0,445
Питомий об'єм, $м^3$/т	0,476	0,476	0,476	0,478
Розрахункове навантаження від колісної пари на рейку, кН (тс)	255,0 (26,0)	258,3 (26,3)	259,9 (26,5)	271,6 (27,7)
Погонне навантаження, кН/м (тс/м)	101,7 (10,36)	103,0 (10,5)	103,7 (10,57)	108,3 (11,04)
Розрахункове ударне навантаження	3 т з висоти 3 м на підсипку вантажу товщиною не менше 0,3 м	3 т з висоти 3 м на підсипку вантажу товщиною не менше 0,3 м	3 т з висоти 3 м на підсипку вантажу товщиною не менше 0,3 м	3 т з висоти 3 м на підсипку вантажу товщиною не менше 0,3 м

Закінчення табл. 2

Ширина колії, мм	1520	1520	1520	1520
Конструкційна швидкість, км/год - на коліях промислового транспорту в порожньому стані; - на коліях промислового транспорту в завантаженому стані; - на магістральних коліях в порожньому стані	 70 40 90	 70 40 90	 70 40 90	 70 40 90
База вагона, мм	9340±5	9340±5	9340±5	9340±5
Довжина по осях зчеплення, мм	15036±25	15036±15	15036±25	15036±15
Кількість розвантажувальних циліндрів, шт	6	6	6	6
Максимальна ширина кузова, мм	–	≤ 3400	3518	3556
Кут нахилу кузова під час розвантаження, °	45	≥ 45	≥ 45	≥ 45
Кількість осей, шт	6	6	6	6
Модель візка	18-9043, 18-522, 18-9823	18-9043, 18-522, 18-9902	18-522, 18-9823	18-7142
Габарит по ГОСТ 9238	Т	1-Т	1-Т (Т)*	1-Т (Т)*
Мінімальний радіус вписування в криву, м	80	80	80	80
Нормативний строк служби, років	15	15	≥ 15	15
Рік постановки на серійне виробництво	2015	2012	2011	2021
Підприємство-виробник	ТОВ «АЗІЯ ТРЕЙД ІМПОРТ»	ВАТ «Дизельний завод»	ТОВ «Трансмаш»	ПАТ «КВБЗ»

*Примітка. Позначення 1-Т (Т) означає, що габарит 1-Т за умов руху вагона-думпкара на магістральних коліях в порожньому стані, габарит Т під час руху на промислових коліях.

На даний час основними документами, які встановлюють вимоги до проектування та виготовлення сучасних вагонів-думпкарів для їх експлуатації на території України, є ДСТУ 7598 [15], ДСТУ 7776 [16], ДСТУ ГОСТ 33211 [17], ЦШ-0001 [18], ЦВ-ЦЛ-0013 [19], Норми-83 [20], Норми-86 [21], Норми-96 [22], РД 24.050.37 [23].

Порівняльний аналіз технічної документації на вагони-думпкари минулого покоління та сучасних моделей вітчизняного виробництва [3–8, 11–14, 24, 25], призначених для експлуатації коліями промислових підприємств, дозволив встановити наступне:

– розроблено модельний ряд шестивісних вагонів-думпкарів, які мають підвищені вантажопідйомність та об'єм (115 тон та 55 м^3 відповідно);

– удосконалення конструкції вагонів стосувались в основному окремих вузлів та механізмів, спрямовані головним чином на підвищення безпеки руху і їх надійності в експлуатації. Це передусім підсилення міцності хребтової балки,

шворневих та циліндрових кронштейнів, борта поздовжнього, механізмів системи розвантаження;

– відсутнє застосування нових матеріалів та технологій, а також принципові зміни у конструкції вагонів-думпкарів та їх комплектуючих (здебільшого аналоги вагонів-думпкарів типу 2ВС-105), що поставлялись на виробництво протягом останніх десяти років, внаслідок чого їх експлуатаційні та техніко-економічні показники (характеристики) суттєво не поліпшились.

Тому, питання розробки технічних вимог до показників (характеристик) вагонів-думпкарів промислового призначення в сучасних умовах розвитку вантажного парку залишається актуальним та потребує приділенню особливої уваги.

Основними напрямками удосконалення сучасних моделей вагонів-думпкарів є:

- зниження коефіцієнта тари, підвищення вантажопідйомності та об'єму кузова завдяки ефективного використання габариту, покращеній конструкції, в тому числі за рахунок збільшення довжини (бази) вагона, застосування більш міцних і корозієстійких сталей, металічних сплавів;
- скорочення експлуатаційних витрат на ремонт та технічне обслуговування за рахунок впровадження високотехнологічного обладнання;
- створення несучих конструкцій вагонів, в побудові яких застосовуються нові конструкторські рішення та марки сталей підвищеної міцності, що сприятиме підвищенню міцності та надійності, збільшенню строків між проведенням капітальних ремонтів та терміну служби вагона;
- розширення номенклатури вагонів-думпкарів залежно від характеру вантажу, що перевозиться (скальні породи, будівельні матеріали тощо), а також вантажопідйомності за рахунок зниження маси тари;
- удосконалення конструкції пристроїв і механізмів системи розвантаження, зокрема застосування електрогідравлічної системи розвантаження з кабіни машиніста локомотива;
- підвищення пристосованості вагонів-думпкарів до комплексної механізації розвантажувальних робіт і зниження важкої ручної праці під час виконання таких операцій;
- застосування новітніх технологій збірки, що дозволить зменшити вплив на навколишнє середовище, зменшити трудомісткість і матеріалоємність, строки та вартість виготовлення вагонів;
- використанням інноваційних візків та комплектуючих деталей до них нового покоління, а також інших знімних вузлів покращеної конструкції, що дозволить покращити динаміку і плавність руху вагона, збільшити строки міжремонтних пробігів;
- застосування сучасних технологій зварювання сталей та металічних сплавів.

Враховуючи аналіз сучасних тенденцій розвитку та результатів досліджень конструкцій вагонів-думпкарів промислового призначення, огляд літературних джерел, конструкторської та технічної документації, а також аналізування вимог замовників, запропоновано встановити такі вимоги до проектування та виготовлення вагонів цього типу (табл. 3).

Таблиця 3. - **Основні вимоги до технічних характеристик вагонів-думпкарів промислового призначення наступних поколінь та комплектуючих до них**

№ п/п	Найменування параметру (характеристики)	Вимоги до показника (характеристики)		
		Вагон-думпкар шестивісний вантажопідйомністю 105 т	Вагон-думпкар шестивісний вантажопідйомністю 115 т	Вагон-думпкар восьмивісний вантажопідйомністю 180 т для перевезення вантажу щільністю ≥ 1,75 т/м^3
1	2	3	4	5
Загальні вимоги				
1	Навантаження на вісь, тс	≤ 27,0	≤ 30,0	≤ 30,0
2	Конструкційна швидкість руху вагона, км/год - на коліях промислового транспорту в порожньому стані; - на коліях промислового транспорту в завантаженому стані; - на магістральних коліях в порожньому стані	70 40 90		
3	Питома матеріалоємність	≤ 0,45	≤ 0,42	≤ 0,35
4	Питомий об'єм, м^3/т	≥ 0,45	≥ 0,45	≥ 0,3
Вимоги до показників безпеки та впливу на навколишнє середовище				
5	Коефіцієнт запасу стійкості колеса від сходу з рейок	≥ 1,4		
6	Коефіцієнт запасу поперечної стійкості колеса від перекидання на зовнішню сторону кривої	≥ 2,0		

Продовження табл. 3

1	2	3	4	5
7	Коефіцієнт запасу поперечної стійкості колеса від перекидання на внутрішню сторону кривої	≥ 2,1		
8	Рівень зовнішнього шуму під час руху зі швидкістю 80 км/год на відстані 25 м від осі колії, дБа	≤ 86		
Вимоги до показників динаміки та плавності руху вагона				
9	Коефіцієнт вертикальної динаміки кузова	≤ 0,5		
10	Коефіцієнт вертикальної динаміки необресореної рами візка	≤ 0,6		
11	Коефіцієнт горизонтальної динаміки - в порожньому стані - в завантаженому стані	≤ 0,3 ≤ 0,25		
12	Прискорення кузова вертикальні у долях g - в порожньому стані - в завантаженому стані	≤ 0,4 ≤ 0,25		
13	Прискорення кузова горизонтальні у долях g - в порожньому стані - в завантаженому стані	≤ 0,4 ≤ 0,2		

Продовження табл. 3

1	2	3	4	5
Вимоги до міжремонтних інтервалів, строку служби вагона				
14	Міжремонтний пробіг до першого деповського ремонту після побудови, тис. км (років)	≥ 300 (3)		
15	Міжремонтний пробіг між наступними деповськими ремонтами, тис. км (років)	≥ 300 (3)		
16	Призначений (нормативний) термін служби (експлуатації), років: - всього - до першого капітального ремонту	≥ 30 ≥ 15		
Вимоги до ресурсу, надійності, міцності вагона та його комплектуючих				
17	Коефіцієнт запасу опору втомі елементів конструкції вагона	≥ 1,8		
18	Коефіцієнт запасу втомної міцності бокової рами та балки надресорної	≥ 1,8		
19	Застосування центрального підвішування з нелінійною характеристикою, в якому ресурс витих пружин без зламів, циклів	$\geq 6 \cdot 10^6$		
20	Міцність сталі (еквівалентних матеріалів), з якої повинні виготовлятись основні несучі елементи кузова вагона, МПа	≥ 390		

Продовження табл. 3

1	2	3	4	5
	- зет, двотавр хребтової балки (за наявності) - шворневі та проміжні балки - елементи бокових і торцевих стін, нижня обв'язка - стійки, обшиви бокових і торцевих стін, кришки люків	≥ 390 ≥ 375 ≥ 345		
Вимоги до гальмівної системи				
21	Тип гальма	Пневматичний		
22	Можливість утримання вагона в завантаженому стані стоянковим гальмом на ухилі, ‰	≥ 36		
23	Гальмівний шлях поїзда на ухилі 6 ‰ зі швидкостей 80; 90 км/год відповідно, м	≤ 1000; ≤ 1300		
24	Гальмівний шлях поїзда на ухилі 10 ‰ зі швидкостей 80; 90 км/год відповідно, м	≤ 1200; ≤ 1500;		
25	Гальмівний шлях поїзда на коліях промислових підприємств на площадці у завантаженому стані, м	≤ 300		
Вимоги до конструкції вагона-думпкара та його систем				
26	Ширина колії, мм	1520		
27	Габарит	1-Т (Т)*		
28	Мінімальний радіус вписування в криву, м	80		
29	Кут нахилу кузова під час розвантаження, °	≤ 1200; ≤ 1500;		
30	Гальмівний шлях поїзда на коліях промислових підприємств на площадці у завантаженому стані, м	≥ 45		

Закінчення табл. 3

1	2	3	4	5
31	Вид розвантаження	Двохсторонній		
32	Система розвантаження	Пневматична з можливістю дистанційного розвантаження		
33	Розрахункове ударне навантаження	3,5 т з висоти 3 м на підсипку вантажу товщиною не менше 0,3 м	3,5 т з висоти 3 м на підсипку вантажу товщиною не менше 0,3 м	6 т з висоти 3 м на підсипку вантажу товщиною не менше 0,3 м

*Примітка. Позначення 1-Т (Т) означає, що габарит 1-Т за умов руху вагона-думпкара на магістральних коліях в порожньому стані, габарит Т під час руху на промислових коліях.

Висновки. Аналіз сучасних тенденцій розвитку вагонів-думпкарів промислового призначення вітчизняного виробництва за результатами вивчення конструкторської і технічної документації різних виробників, аналізу матеріалів наукового та практичного характеру, аналізу даних теоретичних і експериментальних досліджень дозволив встановити:

– основні конструктивні особливості вагонів-думпкарів минулого покоління та технічні характеристики як вагонів-думпкарів минулого покоління, так і сучасних моделей вагонів промислового призначення;

– у промислових підприємств найбільшим попитом користуються шестивісні вагони-думпкари вантажопідйомністю 105 т і 115 т з об'ємом кузова 50 м^3 та 55 м^3 відповідно;

– основними векторами подальшого розвитку вітчизняних вагонів-думпкарів промислового призначення мають стати: розширення номенклатури вагонів-думпкарів залежно від характеру вантажу, що перевозиться; зниження маси тари за рахунок застосування нових композиційних матеріалів та алюмінієвих сплавів; оптимізація використання габариту; застосування принципово нових технічних рішень та марок сталей підвищеної міцності, зниження вартості життєвого циклу за рахунок збільшення гарантійних пліч, міжремонтних нормативів та строку служби;

– основні технічні вимоги до вагонів-думпкарів вантажопідйомністю 105 т та 115 т наступних поколінь.

Рекомендації. Представленні у статті матеріали є базовими під час створення вагонів-думпкарів для експлуатації на коліях промислових підприємств чи глибокій модернізації існуючих моделей, а також підвищення ефективності їх експлуатації.

Результати проведеного розгляду сучасного стану конструктивної досконалості вагонів-думпкарів обґрунтували необхідність цілеспрямування відповідних науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт на розроблення їх зразків нового покоління, що безпосередньо пов'язано із застосуванням нових концептів при проектуванні їх конструкції. Для розробки інноваційних конкурентоспроможних вагонів-думпкарів промислового призначення необхідно на практиці розробити та реалізувати оптимальні конструктивні рішення відповідно до встановлених вимог, на основі використання сучасних машинобудівних технологій з проектування, виготовлення, зварювання та засобів теоретичних і експериментальних досліджень нової техніки на рівні світових стандартів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вагон-самосвал. URL:https://ru.wikipedia.org/ wiki/ Вагон-самосвал (дата звернення: 01.11.2021).

2. Логинов А.И., Афанаскин Н.Е. Вагоны-самосвалы. М.: Транспорт, 1975. 192 с.

3. Альбом-справочник «Грузовые вагоны железных дорог колеи 1520 мм», 002И - 2009 ПКБ ЦВ, 418 с.

4. Каблуков В.А., Савчук О.М. Подвижной состав промышленного железнодорожного транспорта : Учебник. 2-е изд., перераб. и доп. К.: Вища школа, 1990. 295 с.

5. Жарова Е.А., Мойкин Д.А., Белгородцев В.А. Совершенствование вагонов-думпкаров для повышения их надежности в процессе эксплуатации. Транспорт Российской Федерации. №3 (52). 2014. С. 51-54.

6. Думпкар модель 2ВС-105. Технические характеристики вагона. URL: https://vagon.by/model/ 2ВС-105 (дата звернення:01.11.2021).

7. Думпкар модель 33-9085. Технические характеристики вагона. URL: https://vagon.by/model/33-9085 (дата звернення:01.11.2021).

8. 904У 0147-3г. Техническое описание и инструкция по эксплуатации вагонов-самосвалов типа 2ВС-105 (904У). Зелёна Гура, 1982. 16 с.

9. Калмыков В.Г., Кузнецов А.Г. Вагоны промышленного транспорта. М.: Транспорт, 1978. 336 с.

10. Шадур Л.А. Развитие отечественного вагонного парка. М.: Транспорт, 1988. 279 с.

11. ТУ У 30.2–38280327–002:2015. Вагон-самоскид (думпкар) моделі 33-980. Технічні умови. Кривий Ріг, 2015. 43 с.

12. ТУ У 35.2–00190957–046:2011. Вагон-самоскид (думпкар) моделі 33-9901. Технічні умови. Кривий Ріг, 2015. 46 с.

13. ТУ У 35.2–32887752–001:2011. Вагон-самоскид (думпкар). Модель 33-9908. Технічні умови. (зі змінами: Повідомлення № 9908.014:2012 про зміну №1; Повідомлення № 9908.030:2013 про зміну №2). Кривий Ріг, 2011. 58 с.

14. ТУ У 30.2–05763814–148:2020. Вагон-самоскид (думпкар) модель 33-7141. Технічні умови. Кременчук, 2020. 60 с.

15. ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). [Чинний від 01-07-2015]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. 162 с. (Нац. Стандарт України).

16. ДСТУ 7776:2014. Вагони самоскиди (думпкари). Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих думпкарів залізниць колії 1520 мм. [Чинний від 01-06-2016]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. 108 с. (Нац. Стандарт України).

17. ДСТУ ГОСТ 33211-2017. Вагони вантажні. Вимоги до міцності та динамічних якостей (ГОСТ 33211-2014, IDT). [Чинний від 2017-07-11]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 58 с. (Національний стандарт України).

18. ЦШ-001. Інструкція з сигналізації на залізницях України. Київ: 2008. 132 с.

19. ЦВ-ЦЛ-0013. Інструкція з ремонту гальмівного обладнання вагонів. Київ: 2005. 160 с.

20. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 (несамоходных). М.: ВНИИВ-ВНИИЖТ, 1983. 260 с.

21. Нормы для расчета и проектирования новых вагонов-самосвалов (думпкаров) колеи 1520 мм. ВНИИВ, 1986, 154 с.

22. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 (несамоходных). М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. 319 с.

23. РД 24.050.37-90. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытания на прочность и ходовые качества, утвержденные указанием Министерством тяжелого и транспортного машиностроения. 49 с.

24. ТУ У 35.2–32264561–001:2008. Вагон-самоскид «Думпкар» 2ВС-105 (модель 33-9909). Технічні умови. Кривий Ріг, 2008. 50 с.

25. ТУ У 30.2–05669819–042:2016. Вагони-самоскиди (думпкари). Технічні умови. Кам'янське, 2016. 42 с.

A.O. Sulym
State Enterprise "Ukrainian Railway Car Bulding Research Institute "
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: +38 05366 60354
A. M. Strynzha
State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Bulding Research Institute "
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: +38 (05366) 61384
O.O. Borodai
State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Bulding Research Institute "
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: +38 05366 61384
V.V. Fedorov
State Enterprise "Ukrainian Railway Car Bulding Research Institute "
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: +38 05366 61384

TECHNICAL CHARACTERISTICS AND WAYS OF DUMP CARS UPGRADING FOR INDUSTRIAL TRANSPORT

The article deals with the models of dump cars, which form the basis of a modern fleet of industrial railway transport. The design features of dump cars used for transportation and automated unloading of coal ore, soil, sand, gravel and other similar goods at domestic industrial enterprises are presented. Models of modern dump cars of domestic production for industrial railway transport, which were created and put into serial production during the last ten years, are given. The main existing requirements to design and manufacture of dump cars are determined. The results of comparative analysis of technical characteristics of dump cars of the last generation up to modern models of dump cars showed that one of the main advantages of the latter is to improve the strength and reliability of individual components and systems. The main focus of design upgrading of modern models of dump cars of domestic production for industrial railway transport is determined. The technical requirements for dump cars of the next generation, which are planned to be created and introduced into serial production in 2022-2026 for operation on the railway tracks of industrial enterprises, are proposed. Technical requirements are based on the results of the design studies of the present-day dump cars for industrial applications, review of technical and design documentation for these cars, and also the analysis of requirements and wishes of customers. The necessity for relevant research and development works of dump cars of the new generation for industrial railway transport is substantiated. The materials of the article will contribute to the construction of new models of dump cars for industrial railway transport and total upgrading of existing models, as well as improving the efficiency of their operation.

Key words: *dump car, maintenance interval, strength, industrial railway transport, service life.*

REFERENCES

1. Vahon-samosval [Dump car]. (2021, November 13). *Vikipiediia - Wikipedia*. Retrieved from: https://ru.wikipedia.org/wiki/Вагон-самосвал. [in Russian]

2. Lohinov A.Y., & Afanaskin N.E. (1975). *Vahony-samosvaly [Dump cars]*. Moscow: Transport, 192 p., [in Russian]

3.*Albom-spravochnik «Hruzovyie vahony zhielieznykh doroh kolei 1520 mmu [Album reference book "Freight cars of 1520 mm gauge railways"]*. 002I-2010 PKB TsV. [in Russian]

4.Kablukov V.A., & Savchuk O.M. (1990). *Podvyzhnoi sostav promyshlennoho zhielieznodorozhnoho transporta [Rolling stock of industrial railway transport]*. Textbook. 2nd ed., Reworked. and ext. K .: Vyshcha shkola, 295 p., [in Russian]

5. Zharova E.A., Moikin D.A., & Belgorodtsev V.A. (2014). Soviershienstvovaniie vahonov-dumpkarov dlia povyshieniia ikh nadiezhnosti v protsessie ekspluatatsii [Improving dump cars to increase their reliability during operation]. *Transport Rosstiskoi Federatsii –Transport of the Russian Federation, 3 (52)*, 51–54 [in Russian]

6. Dumpkar model 2VS-105. Tiekhnichieskiie kharakteristiki vahona [Dump car model 2VS-105. Technical characteristics of the car]. (2021, November 13). *VAHON.BY*. Retrieved from: https://vagon.by/model/2VS-105 [in Russian]

7. Dumpkar model 33-9085. Tiekhnichieskiie kharakteristiki vahona [Dumpcar model 33-9085. Technical characteristics of the car]. (2021, November 13). *VAHON.BY*. Retrieved from:https://vagon.by/model/33-9085 [in Russian]

8. *Tiekhnichieskoie opisaniie i instruktsita po ekspluatatsii vahonov-samosvalov typa 2VS-105 (904U) 904U 0147-3r. [Technical description and instructions for operation of dump cars type 2VS-105 (904U)]* (1982). Zelena Hura, 16 p. [in Russian]

9. Kalmykov V.G., & Kuznetsov A.G., (1978). *Vahony promyshlennoho transporta [Industrial transport cars]*, Moscow: Transport, 336 p. [in Russian]

10. Shadur L.A. (1988). *Razvitiie otiechiestvennoho vahonnoho parka [Development of the domestic car fleet]*. Moscow: Transport, 279 p. [in Russian]

11. Vahon-samoskyd (dumpkar) modeli 33-980. Tekhnichni umovy [Dump car model 33-980. Specifications]. (2015). *TU U 30.2–38280327–002: 2015*. Kryvyi Rih, 43 p. [in Ukrainian]

12. Vahon-samoskyd (dumpkar) modeli 33-9901. Tekhnichni umovy [Dump truck model 33-9901. Specifications]. (2015). *TU U 35.2–00190957–046: 2011*. Kryvyi Rih, 46 p. [in Ukrainian]

13. Vahon-samoskyd (dumpkar). Model 33-9908. Tekhnichni umovy. (zi zminamy: Povidomlennia № 9908.014:2012 pro zminu №1; Povidomlennia № 9908.030:2013 pro zminu №2) [Dump car. Model 33-9908 Specifications. (as amended: Notification № 9908.014: 2012 of change №1; Notification № 9908.030: 2013 of change №2). (2011). *TU U 35.2–32887752–001: 2011*. Kryvyi Rih, 58 p. [in Ukrainian]

14. Vahon-samoskyd (dumpkar) model 33-7141. Tekhnichni umovy [Dump car model 33-7141. Specifications]. (2020). *TU U 30.2–05763814–148: 2020* Kremenchuk, 60 p. [in Ukrainian]

15. Vahony vantazhni. Zahalni vymohy do rozrakhunkiv ta proektuvannia novykh i modernizova-nykh vahoniv kolii 1520 mm (nesamokhidnykh). [Freight cars. General requirements for calculations and design of new and modernized cars of 1520 mm track (non-self-propelled)]. (2015). *DSTU 7598: 2014 from the 1-st of 2015*. Kyiv: SE "UkrNDNC", 162 p. [in Ukrainian]

16. Vahony samoskydy (dumpkary). Zahalni vymohy do rozrakhunkiv ta proiektuvannia novykh i modernizovanykh dumpkariv zaliznyts kolii 1520 mm. [Dump cars. General requirements for calculations and design of new and modernized dump trucks of 1520 mm gauge railways]. (2014). *DSTU 7776:2014 from the 1-st of June 2016*. Kyiv: SE «UkrNDNC», 108 p. [in Ukrainian]

17. Vahony hruzovyie. Triebovaniia k prochnosti i dinamichieskim kachiestvam [Freight cars. Requirements to structural strength and dynamic qualities]. (2014). *DSTU HOST 33211-2014 from the 22-nd of December 2014*. Moskva: Standartinform, 54 p. [in Russian]

18. *Instruktsiia z syhnalizatsii na zaliznytsiakh Ukrainy TSh-001 [Instruction on signaling on the railways of Ukraine]*. (2008). Kyiv, 132 p. [in Ukrainian]

19. *Instruktsiia z remontu halmivnoho obladnannia vahoniv TsV-TsL-0013 [Instruction on repair of brake equipment of cars]*. (2005). Kyiv, 160 p. [in Ukrainian]

20. *Normy dlia rascheta i proiektirovaniia novykh i modernizirutemykh vahonov zhielieznykh doroh MPS kolei 1520 (niesamokhodnykh) TsSh-001 [Standards for calculation and design of new and modernized railway cars of the Ministry of Railways of track 1520 (non-self-propelled)]*. (1983). Moscow: VNIIV-VNIIZHT, 260 p. [in Russian]

21. *Normy dlia raschieta i proiektirovaniia novykh vahonov-samosvalov (dumpkarov) koliei 1520 mm [Norms of calculation and design of new dump cars of 1520 mm gauge]*. (1986). VNIIV, 154 p. [in Russian]

22. *Normy dlia raschieta i proiektirovaniia vahonov zhielieznykh doroh MPS koliei 1520 (nesamokhodnykh) [Norms of calculation and design of railway cars of the Ministry of Railways of track 1520 (non-self-propelled)]*. (1996). Moscow: HosNIIV-VNIIZhT, 319 p. [in Russian]

23. *Vahony hruzovyie i passazhirskiie. Metody ispytaniia na prochnost i khodovyie kachestva, utvierzhdiennyie ukazaniiem Mynysterstva tiazhieloho i transportnoho mashinostroieniia. RD 24.050.37-90 [Freight and passenger cars. Test methods for strength and running quality, approved by the Ministry of Heavy and Transport Engineering. RD 24.050.37-90]*, 49 p. [in Russian]

24. Vahon-samoskyd «Dumpkar» 2VS-105 (model 33-9909). Tekhnichni umovy. [Dumpcar 2VS-105 dump truck (model 33-9909). Specifications]. (2008). *TU U 35.2–32264561–001: 2008*. Kryvyi Rih, 50 p. [in Ukrainian]

25. Vahony-samoskydy (dumpkary). Tekhnichni umovy [Dump cars. Specifications]. (2016). *TU U 30.2–05669819–042: 2016*. Kamianske, 42 p. [in Ukrainian]

УДК 625.143 **DOI: 10.47675/2304-6309-2021-23-74-82**

М.О. Багров*
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-02-50, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ОЦІНКА ТЕХНІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИРОБНИЦТВА КЛЕМ ТИПУ ПК РОЗДІЛЬНОГО РЕЙКОВОГО СКРІПЛЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ

Наявність атестату виробництва дає перевагу для будь-якого підприємства, яке піклується про підвищення ефективності процесів та якості виконання робіт. Атестат виробництва в першу чергу потрібен підприємствам, які планують брати участь в тендерах на постачання продукції для залізничного транспорту та його інфраструктури. Процедура атестації виробництва передбачає перевірку відповідності нормативного, технологічного, метрологічного забезпечення, рівня професійної підготовки персоналу, організаційних заходів, спрямованих на забезпечення стабільності якісних показників продукції чи послуг, що надаються, оцінку технічних можливостей підприємства-заявника щодо забезпечення стабільного випуску продукції/надання послуг, які відповідають вимогам чинних в Україні нормативних документів (національних стандартів, стандартів підприємств тощо).

Тому, оцінка технічних можливостей підприємства, що виготовляє продукцію, у тому числі, клеми типу ПК роздільного рейкового скріплення залізничної колії, є головною та невідємною частиною процесу атестації виробництва.

Інформація та відомості, що наведені у цій публікації, ґрунтуються на підставі практичного досвіду органу з сертифікації та стосуються кількісної оцінки технічних можливостей підприємства, що виготовляє клеми типу ПК.

Ключові слова: *атестація виробництва, оцінка технічних можливостей, атестат виробництва, орган з сертифікації, запас технологічної точності.*

© ***Багров М.О., 2021***

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

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОИЗВОДСТВА КЛЕММ ТИПА ПК РАЗДЕЛЬНОГО РЕЛЬСОВОГО СКРЕПЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Наличие аттестата производства дает преимущество для любого предприятия, которое заботится о повышении эффективности процессов и качества выполнения работ. Аттестат производства в первую очередь необходим предприятиям, планирующим принимать участие в тендерах на поставку продукции для железнодорожного транспорта и его инфраструктуры. Процедура аттестации производства предусматривает проверку соответствия нормативного, технологического, метрологического обеспечения, уровня профессиональной подготовки персонала, организационных мероприятий, направленных на обеспечение стабильности качественных показателей продукции или оказываемых услуг, оценку технических возможностей предприятия-заявителя по обеспечению стабильного выпуска продукции/оказания услуг, соответствующих требованиям, действующим в Украине нормативным документам (национальным стандартам, стандартам предприятий и т.д.).

Поэтому оценка технических возможностей предприятия, выпускающего продукцию, в том числе, клеммы типа ПК раздельного рельсового скрепления железнодорожного пути, является главной и неотъемлемой частью процесса аттестации производства.

Информация и сведения, приведенные в этой публикации, основывается на практическом опыте органа по сертификации и касаются количественной оценки технических возможностей предприятия, выпускающего продукцию клеммы типа ПК.

Ключевые слова: *аттестация производства, оценка технических возможностей, аттестат производства, орган по сертификации, запас технологической точности.*

Необхідність здійснення атестації виробництва у загальному випадку визначає орган з сертифікації за згодою заявника під час прийняття рішення за заявкою на сертифікацію продукції та вибору схеми (моделі) сертифікації. Атестація виробництва може також проводитися за ініціативою підприємства (заявника, виробника, постачальника) або за вимогами споживача.

Для показників, що підтверджуються сертифікацією, атестація виробництва також передбачає видачу рекомендацій щодо оптимальної кількості зразків (проб, вибірок), що випробовуються з метою сертифікації, способів та правил їх відбору, а

також правил і порядку проведення технічного нагляду за виробництвом сертифікованої продукції.

До початку атестації підприємство-заявник надає органу з сертифікації заявку, відомості про виробництво та інструкцію з атестації технічних можливостей (ІАТМ), в якій зазначені всі показники продукції, що повинні бути підтверджені під час атестації.

Управління процесом атестації вітчизняного та іноземного виробництва продукції для рейкового рухомого складу, а також виробництв з надання послуг з технічного обслуговування, підготування, ремонту та відновлення продукції в органі з сертифікації продукції вагонобудування ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА «УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ВАГОНОБУДУВАННЯ» (ОС ПВ ДП «УкрНДІВ») здійснюється відповідно до вимог «Порядку атестації виробництва ПС 9.11» [1], який встановлює процедури, послідовність та методи атестації виробництва, а також методи управління процесом.

Основним завданням перевірки виробництва під час атестації є оцінка відповідності інформації, що наведена у вихідних документах, фактичному стану безпосередньо на підприємстві, а також проведення необхідних випробувань для підтвердження технічних можливостей виробництва.

Оцінка технічних можливостей підприємства, що виготовляє клеми типу ПК роздільного рейкового скріплення залізничної колії, є головною та невідємною частиною процесу атестації виробництва та передбачає отримання кількісної оцінки стабільності відтворення показників продукції.

Нормовані значення показників клем типу ПК, встановлені в ІАТМ підприємства, визначені згідно з вимогами ГОСТ 22343-90 «Клемма раздельного рельсового скрепления железнодорожного пути. Технические условия» [2], ГОСТ 22343-2014 «Клеммы раздельного рельсового скрепления железнодорожного пути. Технические условия» [3], ТУ У 30.2-34202711-001:2019 «Клема типу ПК роздільного рейкового скріплення. Технічні умови» [4].

Атестація виробництва клем типу ПК складалася з таких етапів [1]:

- подання заявки та її реєстрація;
- призначення відповідального за підготовку проекту рішення, формування групи аудиторів з атестації виробництва;
- прийняття рішення за заявкою;
- складання плану оцінювання;
- попередня оцінка;
- складання та затвердження програми та методики атестації виробництва;
- перевірка виробництва і атестація його технічних можливостей;
- оформлення результатів атестації виробництва;
- прийняття рішення про видачу (про відмову щодо видачі) атестата виробництва;
- підготовка атестата виробництва та його реєстрація в Реєстрі ОС;
- оформлення та укладання ліцензійної угоди на право застосування атестата виробництва;
- технічний нагляд (інспекційний контроль) за атестованим виробництвом.

Перевірка виробництва і атестація його технічних можливостей здійснювалася відповідно до затвердженої програми та методики атестації [5] групою аудиторів органу з сертифікації, склад якої був затверджений наказом.

Перед початком роботи групи її аудитори (експерти) разом з керівництвом підприємства провели вступну нараду, на якій:

- розглянули мету та завдання перевірки;
- обговорили програму та методику атестації;
- установили форми спілкування членів групи аудиторів з керівництвом та працівниками підприємства;
- вирішили питання підготовки і надання групі аудиторів необхідних документів, довідок тощо.

Кожен аудитор (експерт) згідно з програмою та методикою атестації за завданням керівника перевірки виконував роботу самостійно.

Дані, що свідчать про наявність невідповідностей, фіксувалися з метою додаткового вивчення та аналізу навіть тоді, коли вони не входили до переліку питань, які передбачено програмою та методикою атестації та завданням аудитору (експерту).

Усі спостереження, опитування, аналіз документів, що були зроблені в ході перевірки, були задокументовані з чіткім та конкретним підтвердженням об'єктивними даними.

Інформація, що одержана за результатами опитування, перевірялася шляхом порівняння з інформацією, що була одержана з інших незалежних джерел, таких як спостереження, вимірювання, реєстрація даних. Галузь застосування технічних можливостей підприємства, що атестується, засвідчувалася позитивними результатами випробувань зразків готової продукції на відповідність вимогам програми випробувань, нормативної та технічної документації.

Випробування зразків продукції з метою підтвердження технічних можливостей виробництва проводилися безпосередньо на підприємстві персоналом підрозділу технічного контролю під керівництвом головного контролера, із спостереженням за проведенням випробувань експерта органу з сертифікації.

Під час випробувань застосовувалися засоби вимірювальної техніки та контролю (засоби випробувань), які встановлені для конкретного показника нормативною або технологічною документацією та належать підприємству-виробнику. До початку випробувань аудитором органу з сертифікації була оцінена придатність засобів випробувань за встановленою процедурою. Для атестації виробництва використовувалися також результати випробувань, проведених головним контролером раніше.

Критерії для прийняття позитивного рішення по кожному показнику (характеристиці) вибиралися, виходячи із того, що в нормативній документації передбачений вибірковий контроль показників продукції, що випускається. При цьому, достатніми умовами для прийняття позитивного рішення було:

- відповідність границь вимірювань та похибок засобів вимірювальної техніки і контролю (показників точності виконання вимірювань), що застосовуються, допуску, що контролюється;
- урахування похибок методів та засобів вимірювальної техніки (випробувань), що застосовуються під час запису вирішального правила приймання продукції в нормативній або технологічній документації;
- наявність запасу технологічної точності, що експериментально підтверджений під час випробувань та становить не менше, як подвоєне середньоквадратичне відхилення показника, що контролюється.

Обробка фактичних результатів вимірювань здійснювалася відповідно до вимог розділу 7 «Оцінка запасу технологічної точності» [1].

При цьому, для показників (характеристик), що мають кількісні дані, граничний рівень дефектності (P,%) продукції (частка дефектної продукції) за j-м параметром оцінювався внаслідок статистичного аналізу результатів випробувань продукції як ймовірність виходу параметру за границі допуску за формулою (7.1) [1], див. (1).

$$P = \frac{n'}{n} \cdot 100\ \%\ , \tag{1}$$

де n' - кількість результатів визначення j-го показника продукції, що виходять за границі допуску для j-го показника (за певний час спостережень);
n - загальна кількість спостережень j-го показника за певний час.

За сталою практикою рекомендований граничний рівень дефектності (P,%) продукції (частка дефектної продукції) за j-м параметром не повинен перевищувати 5 %, якщо інше значення не встановлено вимогами технічної документації на продукцію.

Примітка. Для показників, контроль яких здійснюється за альтернативною ознакою, рівень дефектності оцінюється як доля негативних результатів випробувань за певний період.

Запас технологічної точності (S) оцінювався відношенням абсолютного значення різниці між граничним ($X_{гр}$) і середнім значенням ($\overline{A}$) показника (характеристики) до середнього квадратичного відхилення (σ). Як правило, запас технологічної точності (S) виражається в частках середнього квадратичного відхилення (наприклад: запас технологічної точності складає 1,7 σ). Розрахунок S виконувався за формулою (7.4) [1], див. (2).

$$S = \left| \frac{X_{гр} - \overline{A}}{\sigma} \right|. \tag{2}$$

Середнє арифметичне значення ($\overline{A}$) показника (характеристики) оцінювалося статистичними методами [6, 7] за результатами спостережень показника в репрезентативній виборці продукції, вилученої з виробництва або виготовленої спеціально. Розрахунок $\overline{A}$ виконувався за формулою (7.2) [1], див. (3).

$$\overline{A} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} x_i\ , \tag{3}$$

де x_i - i-е значення показника продукції,
n - кількість спостережень показника.

Середнє квадратичне відхилення (σ) показника (характеристики) розраховувалося за формулою (7.3) [1], див. (4).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{A})^2}{n\text{-}1}}. \qquad (4)$$

Якщо запас технологічної точності, що експериментально підтверджений під час випробувань, становить не менше, як подвоєне середньоквадратичне відхилення показника, що контролюється, тобто $S \geq 2\ \sigma$, то вважається, що запас технологічної точності наявний. В іншому випадку вважається, що запас технологічної точності – відсутній (див. 7.8 [1]).

У випадку відсутності запасу технологічної точності, за достатньої умови для прийняття позитивного рішення приймалося:

- відповідність границь вимірювань та похибок засобів вимірювальної техніки і контролю (показників точності виконання вимірювань), що застосовуються, допуску, що контролюється;
- урахування похибок методів та засобів вимірювальної техніки (випробувань), що застосовуються під час запису вирішального правила приймання продукції в нормативній або технологічній документації;
- відповідність умов виконання вимірювань (випробувань) та наявного діапазону зовнішніх чинників впливу на продукцію вимогам документації.

За результатами перевірки група аудиторів протягом місяця склала звіт за результатами атестації технічних можливостей виробництва з виготовлення клем типу ПК роздільного рейкового скріплення, в якому розмістила аналіз результатів перевірки та обґрунтовані висновки.

До звіту були додані:

- акт оцінки придатності засобів випробувань (тому що застосовувалися засоби випробувань, які належать підприємству);
- відомості про вироби, що використовувалися для підтвердження технічних можливостей виробництва (акти відбору та ідентифікації зразків, протоколи випробувань, оформлені за вимогами 4.6 Порядку [1]);
- таблиця з границями підтверджених технічних можливостей виробництва за показниками продукції.

До таблиці з границями технічних можливостей виробництва, яка додавалася до звіту, були внесені результати вимірювань показників клем типу ПК, розрахунки складових для визначення запасу технологічної точності ($\overline{A}$,σ) та значення запасу технологічної точності (S) для кожного показника.

Для прикладу, деякі дані з цієї таблиці, що були отримані під час атестації виробництва клем типу ПК роздільного рейкового скріплення залізничної колії органом з сертифікації ОС ПВ ДП «УкрНДІВ» в 2021 році, наведені нище, в таблиці 1.

Таблиця 1. – **Результати розрахунків запасу технологічної точності (S) виробництва клем типу ПК**

Назва показника, одиниця вимірювання	Норма показника за НД	Границі зміни показника, що забезпечуються технічними можливостями	Середнє арифметичне значення показника Bj ($\bar{A}$)	Середнє квадратичне відхилення показника (σ)	Запас Технологічної точності (S)
1	2	3	4	5	6
1.1 Довжина клеми, мм	60,0 ±3,0	57,0-63,0	59,23	0,236	9,45
1.2 Висота довгої ніжки клеми	$55,0^{+2}_{-1}$	54,0-57,0	55,72	0,407	4,23
1.4 Ширина поверхні клеми, мм	$50,0^{+2}_{-1}$	49,0-52,0	38,00	0,186	5,38
…					
1.6 Товщина полиці клеми, мм	13,0 ±1,0	12,0-14,0	12,50	0,240	2,08
…					
1.8 Діаметр отвору клеми, мм	26,0 ±1,0	25,0-27,0	26,24	0,135	5,63
1.9 Гранична випуклість поверхні прилягання клеми до підошви рейки, мм, не більше	1,0	0,8-0,9	0,01	-	відсутній
…					

На підставі результатів атестації технічних можливостей виробництва підприємства, що були наведені в звіті, та на підставі результатів випробувань з метою підтвердження технічних можливостей виробництва ОС ПВ ДП «УкрНДІВ» прийняв рішення про видачу підприємству атестата виробництва. Рішенням органу з сертифікації була також затверджена інструкція ІАТМ, положення якої були відпрацьовані під час атестації.

На підставі рішення про видачу атестата виробництва орган з сертифікації оформив та видав заявнику враховані примірники атестата виробництва, ліцензійну угоду на право застосування атестата виробництва за формами, що встановлені в «По-

рядку застосування ліцензій, сертифікатів, атестатів і знаків, дозволених ОС ПВ ДП «УкрНДІВ» ПС 9.26» [5].

Висновки

1 Оцінка технічних можливостей підприємства, що виготовляє продукцію, у тому числі, клеми типу ПК роздільного рейкового скріплення залізничної колії, є головною та невід'ємною частиною процесу атестації виробництва.

2 Для показників, що підтверджуються сертифікацією, атестація виробництва передбачає видачу рекомендацій щодо оптимальної кількості зразків (проб, вибірок), що випробовуються з метою сертифікації, способів та правил їх відбору, а також правил і порядку проведення технічного нагляду за виробництвом сертифікованої продукції.

3 Найбільш показовим числовим критерієм оцінки технічних можливостей для прийняття позитивного рішення по кожному показнику (характеристиці) продукції, до якої в нормативній документації передбачений вибірковий контроль показників, є запас технологічної точності (S).

4 Якщо запас технологічної точності, що експериментально підтверджений під час випробувань, становить не менше, як подвоєне середньоквадратичне відхилення показника, що контролюється, тобто $S \geq 2\sigma$, то вважається, що запас технологічної точності наявний.

В іншому випадку вважається, що запас технологічної точності – відсутній.

ЛІТЕРАТУРА

1. ПС 9.11. Порядок атестації виробництва ОС ПВ ДП «УкрНДІВ». Кременчук: ДП «УкрНДІВ», 2019. 25 с.

2. ГОСТ 22343-90. Клемма раздельного рельсового скрепления железнодорожного пути. Технические условия. [Действует с 01-07-2021]. Москва: Издательство стандартов, 1990. 11 с. (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И СТАНДАРТОВ)

3. ГОСТ 22343-2014. Клеммы раздельного рельсового скрепления железнодорож-ного пути. Технические условия. [Действует с 12-05-2014]. Москва: Стандартинформ, 2015. 16 с. (Межгосударственный стандарт).

4. ТУ У 30.2-34202711-001:2019. «Клема типу ПК роздільного рейкового скріплення. Технічні умови. Київ: 2019. 30 с.

5. ПС 9.26.Порядок застосування ліцензій, сертифікатів, атестатів і знаків, дозволених ОС ПВ ДП «УкрНДІВ. Кременчук: ДП «УкрНДІВ, 2019. 30 с.

6. Гутер Р.С., Овчинский Б.В. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта. Изд. 2, перераб. 1970. 432 с.

7. Сафронов А. М., Водянников Ю.Я., Макеева Е.Г. Тормозная эффективность грузовых вагонов. Методология расчетных и экспериментальных исследований с использованием математических моделей и компьютерного моделирования: монография. Кременчуг: УкрНИИВ, 2018. 173 с.

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

ASSESSMENT OF TECHNICAL POSSIBILITIES FOR PRODUCTION OF PK- TYPE TERMINALS FOR SEPARATE RAIL FASTENING OF THE RAILWAY TRACK

The availability of the production certificate gives an advantage to any company that cares about improving the efficiency of processes and quality of work. The production certificate is first of all necessary for the enterprises which plan to take partin tenders for supply of products for railway transport and its infrastructure. The production certification procedure involves checking the compliance of regulatory, technological, metrological support, personnel qualification level, organizational arrangements aimed at ensuring the stability of quality indicators of products or services provided, assessment of technical capabilities of the applicant company to ensure stable production/services that meet the requirements of current regulations in Ukraine (national standards, enterprise standards, etc.).

Therefore, the assessment of the technical capabilities of the manufacturer, including PC-type terminals of separate rail fastening of the railway track, is the main and integral part of the production certification process.

The information and data provided in this paper are based on the real-life experience of the certification body and relate to the quantitative assessment of the technical capabilities of the enterprise that manufactures PK-type terminals.

Key words: *product certification, assessment of technical capabilities, production certificate, certification body, technological accuracy reserve.*

REFERENCES

1. *PS 9.11 Poriadok atestatsii vyrobnytstva OS PV SE «UkrNDIV [PS 9.11 The procedure for production certification of OS PV SE "UkrNDIV]*. (2019). Kremenchuk. p.25 [in Ukrainian]

2. Klemma razdielnoho rielsovoho skrieplieniia zhielieznodorozhnoho puti. Tiekhnichieskiie usloviia. [Clamps of separate rail fastening of the railway track. Specifications]. (1990). *HOST 22343-90*. Moscow: Standardinform [in Russian]

3. Klemmy razdielnoho rielsovoho skrieplieniia zhielieznodorozhnoho puti. Tiekhnichieskiie usloviia. Clamps of separate rail fastening of the railway track. Specifications. (2015). *HOST 22343-2014*. Moscow: Standardinform. p.16 [in Russian]

4. «Klema typu PK rozdilnoho reikovoho skriplennia. Tekhnichni umovy. [Clamps of the PC- type of separate rail fastening. Specifications]. (2019). *TU U 30.2-34202711-001: 2019* [in Ukrainian]

5. *PS 9.26 Poriadok zastosuvannia litsenzii, sertyfikativ, atestativ i znakiv, dozvolenykh OS PV SE «UkrNDIV. [PS 9.26 Procedure for application of licenses, certificates, attestations and marks permitted by the OS PV of SE "UkrNDIV]*. (2019). Kremenchuk. p.30 [in Ukrainian]

6. Guter R.S & Ovchinskij B.V. (1970). *Eliemienty chislennoho analiza i matiematicheskoi obrabotki rezultatov opyta [Elements of numerical analysis and mathematical processing of experimental results]*. "Nauka" [in Russian]

7. Safronov A.M, Vodiannikov Y. Ya. & Makeieva E. H. (2018). Tormoznaia effiektivnost hruzovykh vahonov. Metodolohiia raschietnykh i ekspierimientalnykh ysslicdovanii s yspolzovaniiem matiematichieskikh modelei y kompiuternoho modelirovaniia [Brake efficiency of freight wagons. The methodology of calculation and experimental studies using mathematical models and computer simulations]. *Monograph*. Kremenchuk: SE "UkrNDIV", p.173 [in Russian]

УДК 656.073.436 **DOI: 10.47675/2304-6309-2021-23-83-100**

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

ЗНАКИ НЕБЕЗПЕКИ. ФОРМА, ПОРЯДОК ЗАСТОСУВАННЯ ТА НАНЕСЕННЯ

Однією із характерних рис сьогодення є наявність в нашому житті речовин, продуктів виробництва, які представляють небезпеку для здоров'я людини, загрозу для навколишнього середовища, але без яких не можливий процес виробництва інших товарів, без яких ми не уявляємо свого існування. Отримання електроенергії за допомогою ядерного палива, використовування мінеральних добрив, застосування різного роду речовин у хімічній промисловості від умовно небезпечних до дуже небезпечних. Усі ці речовини потребують перевезення від місця виготовлення до місця використання. Тому постає питання: якщо ці небезпечні речовини потрібні для створення інших, дуже потрібних та корисних товарів, як убезпечити тих, кому під час їх виготовлення, транспортування та використання, вони можуть нашкодити? Виявляється, що відповідь лежить майже на поверхні. Створення небезпечних речовин насамперед само собою висуває необхідність розроблення заходів убезпечення від їхнього впливу, або щонайменше його мінімізації.

В цій статті розглянуті питання убезпечення та мінімізації впливу небезпечних речевин на людину і навколишнє середовище під час здійснення перевезень транспортом шляхом аналізування класів, підкласів, категорій груп небезпечних речовин. Наведено класифікацію небезпечних речовин, форми знаков, а також порядок їх застосування та нанесення.Сформульовано правила та обов'язки суб'єктів перевезення небезпечних вантажів.

Ключові слова: *небезпечні речовини, класифікація небезпечних речовин, знаки небезпеки, способи та засоби нанесення, правила маркування.*

Ж.А. Семко*
Государственное предприятие "Украинский научно - исследовательский институт вагоностроения"
ул. И. Приходько 33, м. Кременчук, Полтавской обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-02-50

© Семко Ж.О., 2021

ЗНАКИ ОПАСНОСТИ. ФОРМА, ПОРЯДОК ПРИМЕНЕНИЯ И НАНЕСЕНИЯ

Одной из характерных черт настоящего времени является наличие в нашей жизни веществ, продуктов производства, которые представляют опасность для здоровья человека, угрозу для окружающей среды, но без которых не возможен процесс производства других товаров, без которых мы не представляем своего существования. Получение электроэнергии с помощью ядерного топлива, использование минеральных удобрений, применение разного рода веществ в химической промышленности от условно опасных до очень опасных. Все эти вещества необходимо перевозить от места изготовления до места использования. Поэтому возникает вопрос: если эти опасные вещества необходимы для создания других, очень необходимых и полезных товаров, как защитить тех, кому во время их изготовления, транспортирования и использования, они могут нанести вред? Оказывается, что ответ лежит почти на поверхности. Создание опасных веществ в первую очередь само собой выдвигает необходимость разработки средств защиты от их воздействия, или по меньшей мере его минимизации.

В этой статье рассмотрены вопросы предотвращения и минимизации влияния опасных веществ на человека и окружающую среду при осуществлении перевозок транспортном путем анализирования классов, подклассов, категорий групп опасных веществ. Приведена классификация опасных веществ, формы знаков, а также порядок их применения и нанесения. Сформулированы правила и обязанности субъектов перевозки опасных грузов.

Ключевые слова: *опасные вещества, классификация опасных веществ, знаки опасности, способы и средства нанесения, правила маркировки.*

Способи виробництва небезпечних речовин достатньо повно відображені у спеціальній наукової літературі, тому метою цієї статті є розгляд питань, пов'язаних з транспортуванням цих речовин (вантажів) залізничним транспортом, а також висвітлення деяких ключових моментів, що стосуються класифікації, правил маркування та нанесення знаків небезпеки як на самі транспортні засоби так і на елементи тари, в якої здійснюється транспортування.

Різноманітність небезпечних речовин налічує декілька сотень, але створена і зафіксована у ДСТУ 4500-3:2008 [1] їх класифікація значно полегшує процес визначення способів, засобів, правил поводження з ними.

Ідентифікація та класифікація небезпечних речовин, які найчастіше підлягають транспортуванню, погоджена на глобальному рівні системи класифікації й маркування хімічних речовин Економічною й Соціальною Радою ОО (КЕ ООН). Ці речовини, внесені до переліку небезпечних вантажів, визначені у типових правилах щодо перевезення небезпечних вантажів [2].

Небезпечні вантажі, які не визначено за конкретними назвами в переліку небезпечних вантажів КЕ ООН [2], мають бути класифіковані згідно з показниками й критеріями, встановленими у [1].

У нормативних документах встановлено такі класи небезпечних вантажів:

- Клас 1 – Вибухові речовини та вироби;
- Клас 2 – Гази;

- Клас 3 – Легкозаймисті рідини;
- Клас 4 – Легкозаймисті тверді речовини, речовини, здатні до самозаймання, речовини, які виділяють займисті гази внаслідок взаємодії з водою;
- Клас 5 – Окиснювальні речовини та органічні пероксиди;
- Клас 6 – Токсичні речовини та інфекційні речовини;
- Клас 7 – Радіоактивні матеріали;
- Клас 8 – Корозійні (їдкі) речовини;
- Клас 9 – Інші небезпечні речовини і вироби.

Ряд класів небезпечних вантажів поділено на підкласи, які наведено у табл. 1.

Треба зауважити, що за встановленим класом, підкласом, категорією та групою визначають класифікаційний шифр вантажу, який позначають арабськими цифрами. Наприклад, класифікаційний шифр незаймистого нетоксичного скрапленого газу – 2212 (див. рис. 1).

Таблиця 1. – **Підкласи небезпечних вантажів**

Клас	Підклас[1)]	Назва підкласу
1	1.1	Речовини та вироби, яким властива небезпека вибуху масою
	1.2	Речовини та вироби, яким властива небезпека розкидання, але які не створюють небезпек вибуху масою
	1.3	Речовини та вироби, яким властива небезпека загоряння, а також незначна небезпека вибуху, або незначна небезпека розкидання, або тет та інше, але не властива небезпека вибуху масою
	1.4	Речовини та вироби, які не становлять значної небезпеки
	1.5	Речовини дуже низької чутливості, яким властива небезпека вибуху масою
	1.6	Вироби надзвичайно низької чутливості, яким не властива небезпека вибуху масою
2	2.1	Займисті гази
	2.2	Незаймисті нетоксичні гази
	2.3	Токсичні гази
3		Легкозаймисті рідини[2)]
4	4.1	Легкозаймисті тверді речовини
	4.2	Речовини, здатні до самозаймання
	4.3	Речовини, які виділяють займисті гази внаслідок взаємодії з водою
5	5.1	Окиснювальні речовини
	5.2	Органічні пероксиди
6	6.1	Токсичні речовини
	6.2	Інфекційні речовини
7		Радіоактивні матеріали[2)]
8		Корозійні (їдкі) речовини[2)]
9		Інші небезпечні речовини і вироби[2)]

[1)] Нумерація класів і підкласів не вказує на ступінь небезпеки вантажу.
[2)] На підкласи не поділяють.

Для небезпечних вантажів, які характеризуються декількома видами небезпеки, визначають основний вид небезпеки (тобто клас (підклас)) та додатковий(і) вид(и) небезпеки (тобто категорію) у відповідності із пріоритетом небезпечних властивостей (пріоритет небезпеки).

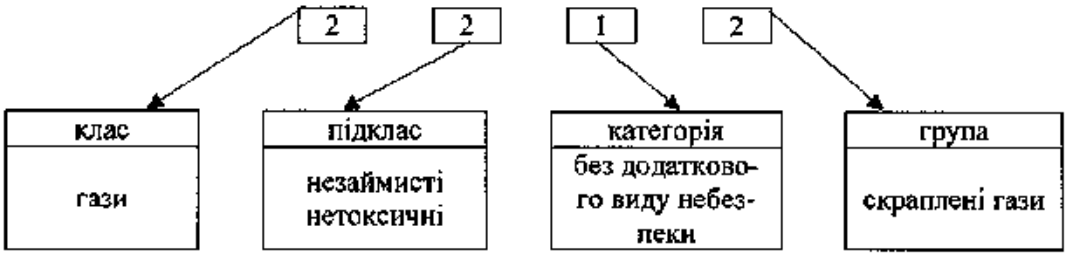


Рис. 1. **Схема пояснення класифікаційного шифру**

Небезпечні вантажі класу 2 відносять до категорій, визначених у таблицях А.2 – А.4 додатка А [1] . класифікаційні ознаки небезпечних вантажів класу 2 підкласу 2.2 наведено у таблиці 2.

Таблиця 2. – **Класифікаційна таблиця небезпечних вантажів підкласу 2.2**

№ категорії	Категорія	Вид небезпеки основний . додатковий	Група	Класифікаційний шифр
1	Без додаткового виду небезпеки	2.2 . –	Стиснені гази	2211
			Скраплені гази	2212
			Охолоджені скраплені гази	2213
			Гази, розчинені під тиском	2214
			Аерозольні розпилювачі та посудини малі	2215
			Інші вироби, що містять газ під тиском	2216
			Гази не під тиском (зразки)	2217
2	Окисники	2.2 . 5.1	Стиснені гази	2221
			Скраплені гази	2222
			Охолоджені скраплені гази	2223
			Гази, розчинені під тиском	2224
			Аерозольні розпилювачі та посудини малі	2225
			Інші вироби, що містять газ під тиском	-
			Гази не під тиском (зразки)	2227

Групу визначають за найбільшим ступенем небезпеки (групою паковання), із тих, які використовувались під час визначення основного виду небезпеки. Групу для небезпечних вантажів класу 2 визначають залежно від фізичних властивостей та агрегатного стану речовини, що наведено у таблиці 3.

Таблиця 3. – **Групи небезпечних вантажів класу 2**

Позначення групи	Найменування небезпечних вантажів
1	Стиснені гази. Гази, що повністю газоподібні за температури мінус 50°С. До цієї групи належать гази з критичною температурою не вище ніж мінус 50°С
2	Скраплені гази. Гази, що є частково рідкими за температури не нижче мінус 50°С. До цієї групи належать скраплені гази високого тиску (гази з критичною температурою не нижче ніж мінус 50°С, але не вище ніж 65°С) та скраплені гази низького тиску (гази з критичною температурою вище ніж 65°С)
3	Охолоджені скраплені гази. Гази, що є частково рідкими за температури вище ніж мінус 50°С
4	Гази, розчинені під тиском. Гази, розчинені в рідкому розчиннику
5	Гази в аерозольних розпилювачах та малих посудинах місткістю не менше ніж 1000 см^3, які перебувають під тиском не вище ніж 1 МПа
6	Інші вироби, що містять газ під тиском
7	Гази не під тиском (зразки)

Наведені вище приклади щодо класифікації небезпечних вантажів дозволяють перейти до основної мети цієї статті.

На підставі визначеної класифікації небезпечного вантажу встановлюються обов'язкові вимоги щодо маркування транспортного засобу (та/або тари), на якому має бути здійснено транспортування цього вантажу.

Знаки небезпеки, які вказують на основні та додаткові види небезпеки і які наносять на вантажні одиниці з небезпечними вантажами, мають відповідати вимогам ДСТУ 4500-5:2005 [3] стосовно форми, кольору, розмірів, ліній, символів небезпеки й номерів, вказаних на них.

Знак небезпеки повинен мати форму квадрата, поверненого на 45° (форма ромба) із мінімальними розмірами 100 мм х 100 мм. Залежно від форми та розмірів вантажної одиниці розміри знаку небезпеки допустимо зменшувати, при цьому усі елементи знаку мають бути зменшені пропорційно.

Для нанесення на знак відповідної інформації його поділяють умовною горизонтальною лінією на верхню і нижню половини.

У верхній частини знаку вказують :

а) номер підкласу – для небезпечних вантажів підкласів 1.4, 1.5, 1.6;

б) слова «Подільний матеріал» - для небезпечних вантажів, які є подільними радіоактивними матеріалами;

в) символ небезпеки – для небезпечних вантажів інших класів і підкласів, ніж ті, щр вказано у переліку а) та б).

У нижній частини знаку має бути вказано:

г) під умовною горизонтальною лінією:

1) номер підкласу та групу сумісності – для небезпечних вантажів підкласів 1.1, 1.2, 1.3;

2) групу сумісності – для небезпечних вантажів підкласів 1.4, 1.5, 1.6;

3) текст «Вміст» і «Активність» - для небезпечних вантажів класу 7 із зазначенням потрібної інформації щодо радіоактивних матеріалів відповідно до 7.1.1.6 – 7.1.1.10 [4];

д) у нижньому куті зазначають:

1) номер підкласу 5.1 або 5.2 - для небезпечних вантажів класу 5;

2) номер класу – для всіх інших класів, підкласів, при цьому цифра номеру класу 9 має бути підкреслена.

У нижній половині знаку небезпеки (під умовною горизонтальною лінією), за винятком тих, які встановлено для небезпечних вантажів класів 7 та 9, можна робити написи, які визначають характеристику або вид небезпеки вантажу, наведені у таблиці 5.

Таблиця 5. – **Приклади написів, які наводять під час маркування небезпечних вантажів**

Напис	
українською мовою	англійською мовою
ВИБУХАЄ	EXPLOSIVE
ЗАЙМИСТИЙ ГАЗ	FLAMMABLE GAS
НЕЗАЙМИСТИЙ ГАЗ	NON-FLAMMABLE GAS
ТОКСИЧНИЙ ГАЗ	TOXIC GAS
ЛЕГКОЗАЙМИСТА РІДИНА	FLAMMABLE LIQUID
ЛЕГКОЗАЙМИСТА ТВЕРДА РЕЧОВИНА	FLAMMABLE SOLID
САМОЗАЙМИСТА	SPONTANEOUSLI COMBUSTIBLE
НЕБЕЗПЕЧНО У РАЗІ ЗВОЛОЖЕННЯ	DANGEROUS WHEN WET
ОКИСНИК	OXIDIZING AGENT
ОРГАНІЧНИЙ ПЕРОКСИД	ORGANIC PEROXIDE
ТОКСИЧНА	TOXIC
ІНФЕКЦІЙНА РЕЧОВИНА У випадку ушкодження або витоку негайно повідомити органи охорони здоров'я	INFECTIOUS SUBSTANCE In the case of damage or leakage immediately notify Health Authority
КОРОЗІЙНА	CORROSIVE

У таблиці 6 наведено форму та опис знаків небезпеки для класів 1 - вибухові речовини та вироби; 2 – гази; 3 - легкозаймисті рідини; 4 - легкозаймисті тверді речовини, речовини, здатні до самозаймання, речовини, які виділяють займисті гази внаслідок взаємодії з водою; 5-окиснювальні речовини та органічні пероксиди;

6- токсичні речовини; 7-Радіоактивні матеріали; 8-Корозійні (їдкі) речовини; інші небезпечні речовини і вироби.

Таблиця 6. - **Приклади знаків небезпечних вантажів**

Клас або підклас	Найменування речовин підкласу	Форма знаку	Опис
1	2	3	4
1.1	Речовини та вироби, яким властива небезпека вибуху масою		Символ (бомба, що вибухає): чорного кольору; фон: помаранчевий; цифра «1» у нижньому куті
1.2	Речовини та вироби, яким властива небезпека розкидання, але які не створюють небезпек вибуху масою		
1.3	Речовини та вироби, яким властива небезпека загоряння, а також незначна небезпека вибуху, або незначна небезпека розкидання, або тет та інше, але не властива небезпека вибуху масою		
1.4	Речовини та вироби, які не становлять значної небезпеки		Фон: помаранчевий; цифри: чорні; числові позначення мають бути висотою біля 30 мм та товщиною біля 5 мм (для знаку з розмірами 100 мм х 100 мм); цифра «1» у нижньому куті

Продовження табл. 6

1	2	3	4
1.5	Речовини дуже низької чутливості, яким властива небезпека вибуху масою		Фон: помаранчевий; цифри: чорні; числові позначення мають бути висотою біля 30 мм та товщиною біля 5 мм (для знаку з розмірами 100 мм х 100 мм); цифра «1» у нижньому куті
1.6	Вироби надзвичайно низької чутливості, яким не властива небезпека вибуху масою		
2.1	Займисті гази	 або 	Символ (полум'я): чорного або білого кольору (крім випадків, передбачених у пункті 5.2.2.2.1.6 с) [3]); фон: червоний; цифра «2» у нижньому куті

Продовження табл. 6

1	2	3	4
2.2	Незаймисті нетоксичні гази	або	Символ (газовий балон): чорного або білого кольору; фон: зелений; цифра «2» у нижньому куті
2.3	Токсичні гази		Символ (череп и схрещені кістки): чорного кольору; фон: білий; цифра «2» у нижньому куті
3	Легкозаймисті рідини	або	Символ (полум'я): чорного або білого кольору; фон: червоний; цифра «3» у нижньому куті

Продовження табл. 6

1	2	3	4
4.1	Легкозаймисті тверді речовини		Символ (полум'я): чорного кольору; фон: білий із сьома вертикальними червоними полосами; цифра «4» у нижньому куті
4.2	Речовини, здатні до самозаймання		Символ (полум'я): чорного кольору; фон: верхня половина біла, нижня – червона; цифра «4» у нижньому куті
4.3	Речовини, які виділяють займисті гази внаслідок взаємодії з водою	або	Символ (полум'я): чорного або білого кольору; фон: синій; цифра «4» у нижньому куті

Продовження табл. 6

1	2	4	5
5.1	Окиснювальні речовини		Символ (полум'я над колом): чорного кольору; фон: жовтий; цифри «5.1» у нижньому куті
5.2	Органічні пероксиди		Символ (полум'я над колом): чорного кольору; фон: жовтий; цифри «5.2» у нижньому куті
6.1	Токсичні речовини		Символ (череп і схрещені кістки): чорного кольору; фон: білий; цифра «6» у нижньому куті
6.2	Інфекційні речовини		У нижній половині знаку можуть бути написи «ІНФЕКЦІЙНА РЕЧОВИНА" та «у випадку пошкодження або протікання негайно повідомити органи охорони здоров'я» Символ (три півмісяця, накладені на коло) та написи: чорного кольору; фон: білий; цифра «6» у нижньому куті

Продовження табл. 6

1	2	3	4
7	Радіоактивні матеріали		Символ (трилисник): чорного кольору; фон: білий; Текст (обов'язковий): чорного кольору в нижній половині знаку: «РАДІОАКТИВНО», «ВМІСТ…» «АКТИВНІСТЬ…» а словом «РАДІОАКТИВНО» має слідувати одна червона вертикальна полоса; цифра «7» у нижньому куті
		 	Символ (трилисник): чорного кольору; фон: верхня половина – жовта з білою облямівкою; нижня – біла Текст (обов'язковий): чорний в нижній половині знаку: «РАДІОАКТИВНО" «ВМІСТ…» «АКТИВНІСТЬ…» В чорному прямокутнику: «ТРАНСПОРТНИЙ ІНДЕКС» За словом «РАДІОАКТИВНО» мають слідувати дві червоні вертикальні полоси; або За словом «РАДІОАКТИВНО» мають слідувати три червоні вертикальні полоси; цифра «7» у нижньому куті

Закінчення табл. 6

1	2	3	4
7	Радіоактивні матеріали		Подільний матеріал класу 7 Фон: білий Текст (обов'язковий): чорний у верхній половині знаку – «ПОДІЛЬНИЙ» В чорному прямокутнику в нижній половині знаку: «ІНДЕКС БЕЗПЕКИ ЗА КРИТИЧНІСТЮ»; цифра «7» у нижньому куті
8	Корозійні (їдки) речовини[2)]		Символ (рідини, що виливаються із двох пробірок та які пошкоджують руку чи метал): чорного кольору; фон: верхня половина біла, нижня – чорна з білою облямівкою ; цифра «8» біла у нижньому куті
9	Інші небезпечні речовини і вироби[2)]		Символ (сім вертикальних полос у верхній половині): чорного кольору; фон: білий; підкреслена цифра «9» у нижньому куті

До вище наведено слід додати, що процес перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом або у комбінованому (мультимодальному) перевезенні (із застосуванням двох або більше видів транспорту) має відповідати вимогам законодавчих актів та правил:

1. Правил перевезення небезпечних вантажів [4];

2. Міжнародні перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом здійснюються відповідно до «Правил перевозок опасных грузов к Соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении (Приложение 2 к СМГС)» [5], «Правил перевозок опасных грузов по железным дорогам» [6], Регламент про

міжнародне залізничне перевезення небезпечних вантажів (RID) Додаток С до Конвенції про міжнародні залізничні перевезення (КОТІФ) [7] та міжнародних договорів України, згода на обов'язковість яких надана Верховною Радою України.

3. У разі здійснення мультимодальних перевезень небезпечних вантажів за участю морського або повітряного транспорту паковання, контейнери (зокрема переносні цистерни і контейнери-цистерни), а також вагони, завантажені пакованнями з однаковим небезпечним вантажем і які не в повній мірі відповідають вимогам Правил [4] щодо пакування, сумісного пакування, маркування або розміщення знаків-табло і табличок оранжевого кольору, проте відповідають вимогам «Международного кодекса морской перевозки опасных грузов» (МКМПОГ) [8] або «Технических инструкций по безопасной перевозке опасных грузов по воздуху» (Технічні Інструкції ІКАО) [9], допускаються до перевезення залізничним транспортом за умови дотримання таких вимог:

а) маркування паковань здійснене відповідно до вимог МКМПОГ або Технічних Інструкцій ІКАО;

б) сумісне пакування здійснене відповідно до вимог МКМПОГ або Технічних Інструкцій ІКАО;

в) контейнери, переносні цистерни, контейнери-цистерни або вагони, які повністю завантажені пакованнями з однаковим небезпечним вантажем, замарковані згідно з главою 5.3 МКМПОГ.

У Правилах перевезення небезпечних вантажів [4] викладено вимоги щодо обов'язків суб'єктів перевезення, відправників, перевізників, отримувачів небезпечних вантажів зокрема у частині дотримання вимог щодо маркування, а саме:

Суб'єкти перевезення небезпечних вантажів мають керуватися Правилами [4] щодо:

- класифікації та ідентифікації вантажу;
- вимог до підготування вантажу до відправлення;
- вибору способу перевезення вантажу;
- вантажних одиниць, у яких допускається перевезення вантажу, а також вимог до їх випробування та маркування;
- вимог до оформлення перевізних документів;
- вимог до підготування та проведення вантажних операцій;
- розміщення і кріплення вантажів;
- вимог до приймання небезпечних вантажів до перевезення;
- вимог до транспортних засобів, які надаються для перевезення небезпечних вантажів;
- вимог до спеціального навчання, підвищення кваліфікації, технічного навчання осіб, задіяних у процесі перевезення небезпечних вантажів.

Суб'єкти перевезення небезпечних вантажів залежно від фізико-хімічних властивостей та ступеня небезпеки вантажів повинні вживати належних заходів, що гарантують безпеку перевезення.

Відправник зобов'язаний:

- підготувати та надати вантаж до перевезення (класифікувати, ідентифікувати, маркувати тощо) відповідно до Правил [4];

- підготувати та надати комплект перевізних документів перевізнику відповідно до вимог цих Правил та у випадках, передбачених іншими нормативно-правовими актами України, супроводжувальні документи (такі як дозволи, допуски, ліцензії, свідоцтва тощо);

- дотримуватися вимог щодо паковання, сумісного паковання, способів відправок і обмежень щодо відправок;
- дотримуватися вимог щодо маркування та його нанесення;
- використовувати вантажні одиниці, контейнери, контейнери-цистерни, цистерни, вагони, допущені та придатні для перевезення відповідних речовин, на яких нанесено встановлене Правилами маркування;
- виконувати вимоги технічних умов навантаження та кріплення вантажу при завантаженні у контейнер чи вагон;
- забезпечувати в певних випадках фізичний захист, охорону і супроводження небезпечного вантажу під час перевезення;
- визначати придатність контейнерів, цистерн, контейнерів-цистерн, бункерних піввагонів у комерційному і технічному плані для перевезення вантажу, а також проводити підготовку власних або орендованих вагонів та цистерн для перевезення;
- забезпечувати проведення спеціального навчання, підвищення кваліфікації, технічного навчання осіб, які причетні до відправлення небезпечних вантажів, а також забезпечити проведення спеціального навчання уповноважених з питань безпеки тощо;

Перевізник небезпечних вантажів зобов'язаний:

- переконатися, що небезпечний вантаж, який надається до перевезення, відповідає Правилам [4];
- переконатися, що перевізні документи, які надаються для перевезення, оформлені відповідно до цих Правил;
- забезпечувати перевезення небезпечних вантажів у встановленому порядку визначеними транспортними засобами та переконатися, що вагон, цистерна або контейнер, призначені для перевезення саме цих вантажів, не мають дефектів, тріщин, течі вантажу та відповідним чином обладнані та опосвідчені;
- переконатися, що термін чергового випробування (перевірки) цистерни, контейнера-цистерни не закінчився;
- переконатися, що маркування, нанесені на транспортному засобі (вагоні, цистерні, контейнері, контейнері-цистерні тощо), відповідають цим Правилам;
- перевозити та передавати вантажоодержувачу небезпечний вантаж у встановлений термін, забезпечуючи його належне зберігання під час перевезення;
- у відповідних випадках здійснювати заходи фізичного захисту й охорону небезпечного вантажу;
- забезпечувати проведення спеціального та технічного навчання, підвищення кваліфікації осіб, які здійснюють перевезення небезпечних вантажів, а також забезпечити проведення спеціального навчання уповноважених з питань безпеки тощо;
- Одержувач небезпечних вантажів зобов'язаний:
- своєчасно приймати небезпечний вантаж, що надійшов на його адресу, та документи до нього;
- вживати заходів щодо збереження та забезпечення безпеки небезпечних вантажів;
- здійснювати, у разі потреби, операції щодо очищення та знезаражування транспортних засобів, забезпечити видалення залишків вантажів з них та закриття або видалення знаків-табло небезпеки і маркування, що вказують на небезпеку;
- повертати власнику контейнери та транспортні засоби в належному стані;

- забезпечувати проведення спеціального та технічного навчання, підвищення кваліфікації осіб, які займаються прийманням небезпечних вантажів, а також забезпечити проведення спеціального навчання уповноважених з питань безпеки;
- надавати в установленому порядку необхідну інформацію про одержання небезпечних вантажів іншим суб'єктам перевезення та компетентним органам;
- здійснювати в установленому порядку страхування відповідальності у разі настання негативних наслідків під час перевезення небезпечних вантажів;
- відшкодовувати витрати та збитки, заподіяні внаслідок несвоєчасного прийняття небезпечних вантажів і порушення ним законодавства з питань перевезення небезпечних вантажів.

Висновки. Для створення умов щодо безпечного перевезення небезпечних вантажів міжнародними та внутрішніми нормативно-правовими актами, міжнародними договорами України, згода на обов'язковість яких надана Верховною Радою України, нормативним документами України передбачено вимоги щодо:

- обов'язків суб'єктів перевезення, відправників, перевізників, отримувачів небезпечних вантажів,
- знаків, способів та місць нанесення маркування;
- надавання в установленому порядку необхідної інформації про одержання небезпечних вантажів;
- використання для перевезення небезпечних вантажів визначених у встановленому порядку транспортних засобів у належному технічному стані, що підтверджено відповідними перевірками;
- забезпечення проведення спеціального та технічного навчання, підвищення кваліфікації осіб, які займаються підготовкою до перевезення, відправкою, перевезенням, прийманням небезпечних вантажів.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 4500-3:2008. Вантажі небезпечні. Класифікація. [Чинний від 01-04-10]. Київ: Держстандарт України, 2010. 38 с. (Національний стандарт України).

2. Рекомендации по перевозке опасных грузов. Типовые правила (часть I). (ST/SG/AC. 10/1/Rev.14), 14-е изд: Пер. с англ. Организация Объединенных Наций, Нью-Йорк и Женева, 2005, 407 с. (Настанови з перевезення небезпечних вантажів. Типові правила).

3. ДСТУ 4500-5:2005. Вантажі небезпечні. Маркування. [Чинний від 01-01-07]. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 62 с. (Національний стандарт України).

4. Наказ Міністерство Інфраструктури України «Про затвердження Правил перевезення небезпечних вантажів внутрішніми водними шляхами України». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0556-17#Text (дата звернення: 13.11.2021).

5. Правила перевозок опасных грузов к Соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении (Приложение 2 к СМГС) (укр. Правила перевезень небезпечних вантажів) // Доступ із інформ. - правової системи «ЛІГА ЗАКОН». Дата оновлення: 10.11.2021. URL: https://ips.ligazakon.net/document/TM048159 (дата звернення: 12.11.2021).

6. Телеграма № ЦЗМ-12/1560 від 23.06.2009 Державна адміністрація залізничного транспорту України (Укрзалізниця) «Щодо змін відповідно до рішень 50 засідання Ради залізничного транспорту держав - учасниць Співдружності // Доступ із веб-портал Верховна Рада України.Законодавство України. Дата оновлення: 23.06.2009. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1560328-09#Text (дата звернення: 12.11.2021).

7. Регламент. «Про міжнародне залізничне перевезення небезпечних вантажів (RID) Додаток С до Конвенції про міжнародні залізничні перевезення (КОТІФ): ред. від 01 січня 2017 року. ТОВ «Науково-технічне транспортне підприємство «Райдо». 2017. 1200 с. URL: https://raido.org.ua/files/002.pdf (дата звернення: 12.11.2021).

8. Международный кодекс морской перевозки опасных грузов» МКМПОГ (IMDG code). АО «Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота». 2016. URL: Режим доступу: https://deckofficer.ru/titul/resolutions/item/mkmpog-imdg-code (дата звернення: 12.11.2021).

9. ICAO Doc 9284. Технические инструкции по безопасной перевозке опасных грузов по воздуху». ICAO. 2019. 1586 с. URL: https://profbook.com.ua/tekhnicheskie-instruktsii-po-perevozke-gruzov.html (дата звернення: 12.11.2021).

Zh. O. Semko
State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»
33, I. Prykhodka St., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-02-50

HAZARD LABELS. LABEL DESIGN, APPLICATION AND USAGERULES

One of the distinctive features of today is the presence in our life of substances, by-products that pose a hazard to human health, a threat to the environment, but without which the production process of other goods is impossible and we cannot imagine our existence, that is, electrical energy generation by the use of nuclear fuel, mineral fertilizers, various kinds of substances in the chemical industry from conditionally hazardous to very hazardous. All of these substances need to be transported from production site to the place of use. Therefore, the question arises, i.e., if these dangerous substances are necessary for production of other very necessary and useful goods, how to protect those people who can suffer during their manufacture, transportation and use. It turns out that the answer is almost on the surface. Generating of hazardous substance primarily raises the need to develop measures for protection against their impact, or at least minimize it.

This paper analyses the issues of prevention and minimization of the dangerous substances effect on the people, environment while transporting by analyzing classes, sub-classes, categories of dangerous substances categories. The classification of dangerous substances, labels designs, guidance on their application and use are given. Rules and obligations of dangerous cargoes transportation entities are specified.

Key words: hazardous substances, classification of hazardous substances, hazard warning signs, methods and means of application, marking rules.

REFERENCES

1. Vantazhi nebezpechni. Klasyfikatsiia [Hazardous cargoes. Classification]. (2008). *DSTU 4500-3:2008*, Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian]

2. *Riekomiendatsii po pierieozkie opasnykh hruzov. Tipovyie pravila (chast 1), (ST/SG/AC 10/1/Rev.14) [Recommendations on the transport of dangerous goods. Model Regulations (Part 1), (ST / SG / AC 10/1 / Rev. 14)].* (2005). United Nations, New York and Geneva [in Russian]

3. Vantazhi nebezpechni. Markovannia [Dangerous goods. Marking]. (2005). *DSTU 4500-5: 2005.* Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian]

4. Pravyla perevezennia nebezpechnykh vantazhiv, zatverdzheni Nakazom Ministerstva transportu ta zviazku Ukrainy vid 25.11.2008 za № 1430, zareiestrovano v Ministerstvi yustytsii Ukrainy 26.02.2009 pa № 180/16196 [Rules for the carriage of dangerous goods, approved by the Order of the Ministry of Transport and Communications of Ukraine from November 25, 2008, No. 1430, registered in the Ministry of Justice of Ukraine on February 26, 2009, No. 180/16196]. Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0556-17#Text [in Ukrainian]

5. *«Pravila pierievozok opasnykh hruzov (Prilozhenie 2 k Sohlasheniiu o miezhdunarodnom zhielieznodorozhnom hruzovom soobshchieniI)» [Rules for the carriage of dangerous goods by railways of Ukraine", approved by the State Administration of Railway Transport on June 23, 2009, No. CZM-12/1560].* Retrieved from: https://ips.ligazakon.net/document/TM048159 [in Russian]

6. Telehrama № CZM – 12/1560 vid 23.06.2009. *«Shchodo zmin vidpovidno do rishen 50 zasidannia Rady zaliznychnoho transportu derzhav – uchasnyts Spivdruzhnosti [Telegram No.* CZM – 12/1560 dated June 23, 2009. *Concerning the changes according to the decision of the 50-th meeting of the Railway Transport Committee of the CIS states].* Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1560328-09#Text [in Russian]

7. *Reglament pro mizhnarodne zaliznychne perevezennia nebezpechnykh vantazhiv (RID) Dodatok C do Konventsii pro mizhnarodni zaliznychni perevezennia (KOTIF), redaktsiya vid 1 sichnia 2017 roku [Regulations on the International Carriage of Dangerous Goods by Rail (RID) Annex C to the Convention on International Carriage by Rail (COTIF), as amended on 1 January 2017].* Tovarystvo z obmezhenoiu vidpovidalnistiu «Naukovo-tekhnichne transportne pidpryimstvo «Raido» - Raido Scientific and Technical Transport Enterprise Limited Liability Company. Retrieved from: https://raido.org.ua/files/002.pdf [in Russian]

8. *Miezhdunarodnyi kodeks morskoi pierievozki opasnykh hruzov» MKMPOG (IMDG code) [International Maritime Dangerous Goods Code "IMDG code, JSC* "Nauchno-issledovatelskii i proiektno-konstruktorskii institut morskoho flota*"]. (2016).*Tsentralnyi - Central Research and Design Institute of the Navy". Retrieved from: https://deckofficer.ru/titul/resolutions/item/mkmpog-imdg-code [in Russian]

9. Tiekhnichieskie instruktsii po bezopasnoi pierievozkie opasnykh hruzov po vozdukhu» [Technical instructions for the safe transport of dangerous goods by air ". (2019). *ICAO Doc 9284.* ICAO. Retrieved from: https://profbook.com.ua/tekhnicheskie-instruktsii-po-perevozke-gruzov.html [in Russian]

УДК 629.463:629.4-592 **DOI: 10.47675/2304-6309-2021-23-101-110**

А.М. Сафронов*
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-03-24
Ю.Я. Водянников
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-20-43
Е.Г. Макеева
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-02-50

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТОРМОЗА ГРУЗОВОГО ВАГОНА ПО ЗАДАННЫМ КРИТЕРИЯМ ТОРМОЗНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЕЗДА

(четырехосные полувагоны, крытые вагоны, платформы, думпкары)

Отсутствие нормативных значений действительных коэффициентов в новых правилах ГОСТ 34434-2018 не позволяют осуществлять и определять оптимальные характеристики тормоза по заранее принятым условиям тормозной эффективности (тормозному пути), что вызывает неопределенность в решении указанной задачи. Неопределенность состоит в том, что выбор характеристик тормозной системы грузового вагона приходится осуществлять методом перебора большого количества вариантов. В этой связи, в статье приведен инструментарий для определения действительного коэффициента силы нажатия тормозных колодок на колеса, удовлетворяющего заданной тормозной эффективности грузового поезда. В качестве инструментария используются универсальные формулы в виде степенной зависимости между действительным коэффициентом силы нажатия тормозных колодок и тормозным путем грузового поезда. Коэффициенты универсальных формул получены на основе компьютерного моделирования. На многочисленных примерах показано, что погрешность использования универсальных формул при расчетных исследованиях не превышает 1 % по сравнению с расчетными по методике ГОСТ 34434-2018. Приведены значения действительных коэффициентов в зависимости от осевой нагрузки вагона и скорости, при которых тормозные пути грузового

© ***Сафронов А.М., Водянников Ю.Я., Макеева Е.Г.***

поезда соответствуют нормативным минимальным допустимым значениям.

Показано, что проведение расчетных исследований по универсальным формулам в среде EXCEL позволяет полностью автоматизировать процесс вычислений. Предложена методика определения передаточного числа рычажной передачи тормоза грузового вагона, при которой выполняются заданная тормозная эффективность. Предложенная методика позволяет выполнять многовариантные исследования по выбору оптимальных параметров тормозной системы грузовых вагонов, отвечающих заданным требованиям тормозной эффективности, и в значительной степени облегчает расчетные исследования.

Ключевые слова: *действительный коэффициент, тормозной путь, скорость, осевая нагрузка, степенная зависимость, коэффициент, передаточное число.*

О.М. Сафронов*
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходько 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-03-24
Ю.Я. Водянніков
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходько 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-20-43
О.Г. Макеєва
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходько 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-02-50

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ГАЛЬМА ГРУЗОВОГО ВАГОНА ПО ЗАДАНИМ КРИТЕРІЯМ ГАЛЬМІВНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОЇЗДА

(чотиривісні напіввагони, криті вагони, платформи, думпкари)

Відсутність нормативних значень дійсних коефіцієнтів в нових правилах ГОСТ 34434-2018 не дозволяють здійснювати і визначати оптимальні характеристики гальма по заздалегідь прийнятим умовам гальмівної ефективності (гальмівного шляху), що викликає невизначеність у вирішенні зазначеної задачі. Невизначеність полягає в тому, що вибір характеристик гальмівної системи вантажного вагона доводиться здійснювати методом перебору великої кількості варіантів. У зв'язку з цим, в статті наведено інструментарій для визначення дійсного коефіцієнта сили натиснення гальмівних колодок на колеса, що задовольняє заданій гальмівній ефективності

вантажного поїзда. В якості інструментарію використовуються універсальні формули у вигляді степенної залежності між дійсним коефіцієнтом сили натискання гальмівних колодок і гальмівного шляху вантажного поїзда. Коефіцієнти універсальних формул отримані на основі комп'ютерного моделювання. На численних прикладах показано, що похибка використання універсальних формул при розрахункових дослідженнях не перевищує 1% у порівнянні з розрахунковими за методикою ГОСТ 34434-2018. Наведені значення дійсних коефіцієнтів в залежності від осьового навантаження вагона і швидкості, за яких гальмівні шляхи вантажного поїзда відповідають нормативним мінімальним допустимим значенням. Показано, що проведення розрахункових досліджень за універсальними формулами в середовищі EXCEL дозволяє повністю автоматизувати процес обчислень. Запропоновано методику визначення передаточного числа важільної передачі гальма вантажного вагона, за якою виконуються задана гальмівна ефективність. Запропонована методика дозволяє виконувати різноманітні дослідження з вибору оптимальних параметрів гальмівної системи вантажних вагонів, що відповідають заданим вимогам гальмівної ефективності, і в значній мірі полегшує розрахункові дослідження.

Ключові слова: *дійсний коефіцієнт, гальмівний шлях, швидкість, осьове навантаження, степенна залежність, коефіцієнт, передаточне число.*

Введение. До принятия ГОСТ 34434-2018, проектирование и расчет тормозных систем грузовых вагонов осуществлялся в соответствии с методиками и правилами [1-4], в которых также изложены основные регламентирующие показатели по обеспечению тормозной эффективности грузовых вагонов с осевой нагрузкой до 23,5 тс включительно. Тормозная эффективность грузовых вагонов с композиционными и чугунными тормозными колодками оценивалась по минимально допускаемым величинам расчетного коэффициента силы нажатия тормозных колодок, а также по расчетным силам нажатия композиционных колодок на ось в пересчете на чугунные [1, 2, 5]. Кроме того максимальные допустимые скорости движения грузовых поездов ограничивались единым наименьшим тормозным нажатием компзиционных колодок в пересчете на чугунные на каждые 100 тс веса [6].

Параметры тормоза выбирались, в зависимости от типа грузового вагона, в соответствии с инструкцией [7]. Для ориентировочного определения тормозного пути грузовых поездов, в зависимости от величины расчетных коэффициентов, использовались таблицы и номограммы [2, 5].

Анализ последних исследований и постановка проблемы. Дальнейшее развитие грузового вагоностроения по пути создания грузовых вагонов с повышенными осевыми нагрузками до 25–30 тс и с допустимыми скоростями движения до 160 км/ч включительно обусловило принятие ГОСТ 34434-2018, в котором изложены новые правила расчета тормозов и требования к тормозной эффективности грузовых поездов [8].

Основная особенность требований к тормозной эффективности [8] состоит в том, что в критерии тормозной эффективности впервые введены максимальные допускаемые тормозные пути грузового поезда на ровной площадке в зависимости от скорости в начале торможения, причем допустимая скорость грузового поезда увеличена до 160 км/ч включительно. Кроме того, допустимые значения тормоз-

ных путей являются едиными для всего диапазона осевых нагрузок (230, - 294,3) кН (табл. 1).

Таблица 1. - **Максимальные допустимые значения тормозных путей грузовых поездов при максимальной загрузке (230,5-245,3-264,9-294,3 кН/ось)**

V, км/ч	до 90 включ.	св. 90 до 100 включ.	св. 100 до 120 включ.	св. 120 до 140 включ.	св. 140 до 160 включ.
S, м	1060	1040	1200	1340	1720

Изложенные в [8] правила тормозных расчетов грузовых вагонов, имеют принципиальные отличия от правил расчета [1 - 4]. Основные отличия состоят в том, что тормозной путь грузового поезда расчитывается по действительным силам нажатия тормозных колодок и действительным коэффициентом трения с учетом аналитической зависимости нарастания действительной силы нажатия тормозных колодок вдоль поезда при торможении.

Поэтому, целью расчетных исследований тормозов грузовых вагонов по новым правилам [8], является подтверждение соответствия тормозной системы нормативным требованиям, основными из которых являются максимальные допустимые значения тормозных путей грузового поезда на ровной площадке.

Вместе с тем, следует отметить, что тормозные пути грузового поезда представляют оценочную характеристику критерия, который обеспечивает нормативные значения тормозных путей. Таким критерием является действительный коэффициент силы нажатия композиционных колодок.

Цель и задачи исследования. Важнейшая составная часть проектирования тормозной системы грузового вагона заключается в выборе параметров тормоза, при которых обеспечивается тормозная эффективность [8].

Однако, отсутствие нормативных значений действительных коэффициентов в новых правилах [8] не позволяют осуществлять и определять оптимальные характеристики тормоза по заранее принятым условиям тормозной эффективности (тормозному пути), что вызывает неопределенность в решении указанной задачи.

Неопределенность состоит в том, что выбор характеристик тормозной системы грузового вагона приходится осуществлять методом перебора большого количества вариантов.

В этой связи, целью работы является разработка инструментария для определения действительного коэффициента силы нажатия тормозных колодок на колеса, удовлетворяющего заданной тормозной эффективности грузового поезда.

Материалы и методы исследования. Известно, что тормозной путь и определяющие его величину параметры (расчетные коэффициенты, удельные тормозные силы, коэффициенты трения, коэффициенты сцепления колеса с рельсом и др.) находятся в обратной зависимости гиперболического типа, что позволяет получить зависимость между действительным коэффициентом и величиной тормозного пути при фиксированной скорости в начале торможения в виде формулы (1), а также для тормозного пути – в виде формулы (2) [9]:

$$\delta_д(V_0) = c(V_0) \cdot S(V_0)^{d(V_0)}, \quad (1)$$

$$S(V_0) = c(V_0) \cdot \delta_д(V_0)^{d(V_0)}, \quad (2)$$

где коэффициенты c и d подлежащие определению.

Формулы (1) могут быть представлены в упрощенном виде:

$$\delta_д(V_0) = \exp\left(\ln c(V_0) + d \cdot \ln S(V_0)\right), \quad (3)$$

$$S(V_0) = \exp\left(\ln c(V_0) + d \cdot \ln \delta_д(V_0)\right) \quad (4)$$

где V_0 - скорость в начале торможения, км/ч;

$\delta_д$ - действительный коэффициент силы нажатия тормозных колодок на колеса;

S - тормозной путь, м;

$c(V_0)$ и $d(V_0)$ - коэффициенты уравнений.

Коэффициенты $c(V_0)$ и $d(V_0)$ определяются статистическим методом [9] путем компьютерного моделирования [10]:

$$c_к = exp\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} ln(\delta_i(V_к)) \cdot \sum_{i=1}^{n} (ln(S_i(V_к))^2 - \sum_{i=1}^{n} ln(S_i(V_к)) \cdot ln(\delta_i(V_к)) \cdot \sum_{i=1}^{n} ln(S_i(V_к))}{n \cdot (\sum_{i=1}^{n} ln(S_i(V_к)))^2 - \sum_{i=1}^{n} (ln(S_i(V_к))^2}\right), \quad (5)$$

$$d_к = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^{n} \ln(S(V_к)) \cdot \ln(\delta(V_к)) - \sum_{i=1}^{n} \ln(S(V_к)) \cdot \sum_{i=1}^{n} \ln(\delta(V_к))}{n \cdot (\sum_{i=1}^{n} \ln(S_i(V_к)))^2 - \sum_{i=1}^{n} (\ln(S_i(V_к))^2} \quad (6)$$

где $S(V_к)$ и $\delta_i(V_к)$ - тормозной путь и действительный коэффициент при скорости $V_к$.

На рис. 1 приведены допустимые минимальные значения действительных коэффициентов сил нажатия тормозных колодок, при которых тормозные пути грузового поезда соответствуют максимальным допустимым значениям (табл. 1).

Для иллюстрации метода, рассмотрим задачу определения действительного коэффициента силы нажатия композиционных колодок для грузового поезда: тормозной путь - 950 м; скорость в начале торможения 90 км/ч; осевая нагрузка 245,3 кН с использованием коэффициентов, приведенных на рис. 1.

Коэффициенты уравнения (3) определяются по первой таблице (рис. 1): c(90) = 78657,7; d(90) = -1,5798 при этом действительный коэффициент силы нажатия составит:

$$\delta_д = \exp(\ln(78657{,}7) + (-1{,}5798) * \ln(950)) = 1{,}554 \text{ кН/т}.$$

Универсальные формулы также позволяют определять тормозные пути грузового поезда по действительному коэффициенту. Для этого коэффициенты уравнения (4) выбираются из второй половины таблицы рис. 1: c(90) = 1253,9425; d(90) = (-0,62893)):

$$S = \exp(\ln(1253{,}9) + (-0{,}6289)*\ln(1{,}554)) = 950{,}3 \text{ м.}$$

$$\delta_д(V_0) = c(V_0) \cdot S(V_0)^{d(V_0)} \qquad S(V_0)_{экст} = c(V_0) \cdot \delta_д(V_0)^{d(V_0)},$$

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

Рис. 1. **Допустимые минимальные значения действительных коэффициентов сил нажатия тормозных колодок**

Для сравнительного анализа изложенной методики с расчетными исследованиями по методике [8], был выполнен расчет тормозного пути грузового поезда с осевой нагрузкой 245,3 кН (25 тс) для скорости в начале торможения 100 км/ч.

Результаты расчета показали, что при действительном коэффициенте силы нажатия композиционных колодок 1,452 кН/т, тормозной путь грузового поезда в груженом состоянии составил 1214,2 м. (рис. 2).

С применением универсальных формул, тормозной путь грузового поезда и действительный тормозной коэффициент составили 1207 м и 1,437 кН/т:

$$S = \exp(\ln(1511{,}9) + (-0{,}6044)*\ln(1{,}452)) = 1207 \text{ м,}$$

$$\delta_д = \exp(\ln(182576{,}3) + (-1{,}6548)*\ln(1214)) = 1{,}437 \text{ кН/т.}$$

При этом разница между значениями тормозных путей составила (1214 - 1207) = 7 м (0,61 %), для действительного тормозного коэффициента разница составила: 1,452 - 1,437 = 0,015 (1,0 %).

Исходные данные	
Модель вагона	
интервальный шаг времени торможения	0,1
Начальная скорость для груженого поезда, км/ч	100
Начальная скорость для порожнего поезда, км/ч	100
Параметры вагона	
Сила тяжест вагона, тс	24,5
Сила тяжести груза, тс	75,100
Число тормозных колодок на вагоне	8,000
Число тормозных колодок колесной паре	2,000
Число тормозных цилиндров	2,000
Параметры тормозного цилиндра	
Диаметр поршня, м	0,254
Жесткость пружины, кН/м	2,300
Усилие предварительного сжатия пружины, кН	0,883
КПД тормозного цилиндра	0,980
Композиционные колодки	
Давление в тормозном цилиндре, кПа груженый	300
порожный	130
Передаточное отношение рычажной передачи	5,700
Выход штока тормозного цилиндра, м - груженый	0,065
порожний	0,065
Параметры авторегулятора	
Усилие предварительного сжатия, кН	0,883
Жесткость пружины, кН/м	20,8
Величина сжатия при торможении, м	0,010
Передаточное отношение (композиционные колодки)	0,470
Передаточное отношение (чугунные колодки)	0,560
КПД рычажной передачи	0,950

Результаты расчета

Вычисленные по новым правилам	Композиционные	
	Порожний	Груженый
Усилие сжатия отпускной пружины тц, кН	1,033	1,033
Усилие пружины авторегулятора, кН	0,513	0,513
Действительная сила нажатия на колодку, кН	6,647	18,075
Расчетная сила нажатия на колодку, кН	7,384	17,598
Расчетный тормозной коэффициент, тс/т	0,246	0,144
Действительный тормозной коэффициент, кН/т	2,171	1,452
Приведенный тормозной коэффициент, тс/т	0,221	0,148
Осевая нагрузка	6,13	24,90
Тормозная эффективность		
Скорость в начале торможения, км/ч	100	100
Тормозной путь, м	782,1	1214,2
Расчетный коэффициент чугунных колодок	0,645	0,382
Тормозной путь при чугунных колодках, м	782,6	1214,0
в в пересчете на чугунные	3,95	9,51

Пересчет на чугунные колодки в груженом состоянии поезда

Пересчет на чугунные колодки в порожнем состоянии поезда

Рис. 2. **Результаты расчетных исследований тормозной эффективности грузового поезда по методике ГОСТ 34434-2018 [8]**

Полученные результаты свидетельствуют, что определение тормозных путей и действительных коэффициентов по универсальным формулам не превышает 1 % по сравнению с расчетными исследованиями.

Рекомендуется расчетные исследования выполнять в среде EXCEL, используя формулу «СТЕПЕНИ», что позволяет автоматизировать процесс вычисления характеристик (рис. 3).

$$\delta_д(V_0)=c(V_0)\cdot S(V_0)^{d(V_0)}$$

$$S(V_0)_{экп}=c(V_0)\cdot \delta_д(V_0)^{d(V_0)},$$

V, км/ч	[S]	c(V)	d(v)	δд	V, км/ч	δд	c(V)	d(v)	S
Осевая нагрузка 23,5 тс									
90	*900*	66556,7	-1,5579	*1,663*	90	*1,663*	1246,7	-0,6400	*900,3*
100		149113,1	-1,6283	*0,000*	100		1498,7	-0,6080	*0,0*
120		624339,9	-1,7496	*0,000*	120		2053,8	-0,5720	*0,0*
Осевая нагрузка 25 тс									
90		78657,7	-1,5798	*0,000*	90	*1,119*	1253,9	-0,6289	*1053,3*
100	*1214*	182576,3	-1,6548	*1,437*	100	*1,452*	1511,9	-0,6044	*1206,8*
120		612987,6	-1,7438	*0,000*	120		2061,5	-0,5623	*0,0*
Осевая нагрузка 27 тс									

Рис. 3. **Использования электронных таблиц для определения характеристик**

Основные параметры тормоза грузового вагона регламентируются правилами расчета [8], за исключением передаточного числа рычажной тормозной передачи.

Поэтому, основной задачей исследования, является определение такого значения передаточного числа, при котором тормозной путь грузового поезда соответствует заданному значению.

В приведенном расчете (см. рис. 2) тормозной путь грузового поезда составил 1214 м при действительном коэффициенте 1,452 кН/т, что превышает максимальное допустимое значение 1040 м (см. табл.1) и требует изменения передаточного отношения тормозной рычажной передачи тормоза грузового вагона.

Для пересчета передаточного отношения используется формула:

$$n_2 = n_1 \cdot \delta_{д2} / \delta_{д1} = 5{,}7 \cdot 1{,}452 / 1{,}857 = 7{,}29, \qquad (7)$$

где n_1 и $\delta_{д1}$ – передаточное число и тормозной коэффициент, задаваемые при расчетных исследованиях, $n_1 = 5{,}7$; $\delta_{д1} = 1{,}452$ кН/т (см. рис. 2);

$\delta_{д2}$ – тормозной коэффициент, при котором тормозной путь соответствует нормативному значению $\delta_{д2} = 1{,}857$ кН/т (см. рис. 1).

Выполненные расчеты показали, что для передаточного отношения 7,29 тормозной путь грузового поезда составит 1037 м (рис. 4), что меньше максимально допустимого 1040 м.

Исходные данные		
Модель вагона		
интервальный шаг времени торможения		0,1
Начальная скорость для груженого поезда, км/ч		100
Начальная скорость для порожнего поезда, км/ч		100
Параметры вагона		
Сила тяжести вагона, тс		24,5
Сила тяжести груза, тс		75,100
Число тормозных колодок на вагоне		8,000
Число тормозных колодок колесной паре		2,000
Число тормозных цилиндров		2,000
Параметры тормозного цилиндра		
Диаметр поршня, м		0,254
Жесткость пружины, кН/м		2,300
Усилие предварительного сжатия пружины, кН		0,883
КПД тормозного цилиндра		0,980
Композиционные колодки		
Давление в тормозном цилиндре, кПа	груженый	300
	порожний	130
Передаточное отношение рычажной передачи		7,290
Выход штока тормозного цилиндра, м -	груженый	0,065
	порожний	0,065
Параметры авторегулятора		
Усилие предварительного сжатия, кН		0,883
Жесткость пружины, кН/м		20,8
Величина сжатия при торможении, м		0,010
Передаточное отношение (композиционные колодки)		0,470
Передаточное отношение (чугунные колодки)		0,560
КПД рычажной передачи		0,950

Результаты расчета

Вычисленные по новым правилам	Композиционные	
	Порожний	Груженый
Усилие сжатия отпускной пружины тц, кН	1,033	1,033
Усилие пружины авторегулятора, кН	0,513	0,513
Действительная сила нажатия на колодку, кН	8,501	23,117
Расчетная сила нажатия на колодку, кН	9,223	21,427
Расчетный тормозной коэффициент, тс/т	0,307	0,175
Действительный тормозной коэффициент, кН/т	2,776	1,857
Приведенный тормозной коэффициент, тс/т	0,283	0,189
Осевая нагрузка	6,13	24,90
Тормозная эффективность		
Скорость в начале торможения, км/ч	100	100
Тормозной путь, м	672,6	1037,2
Расчетный коэффициент чугунных колодок	0,812	0,469
Тормозной путь при чугунных колодках, м	672,8	1037,1
в в пересчете на чугунные	4,97	11,67

Пересчет на чугунные колодки в груженом состоянии поезда

Пересчет на чугунные колодки в порожнем состоянии поезда

Рис. 4. **Расчет тормозного пути грузового поезда при передаточном отношении 7,29**

Выводы. Предложеная методика, с применением универсальных формул, намного упрощает выбор оптимальных параметров тормозной системы грузовых вагонов для заданных требований тормозной эффективности грузового поезда без привлечения дополнительных расчетных исследований. Погрешность расчетных

исследований по универсальным формулам по сравнению с расчетными исследованиями по методике [8] не превышает 1 %. Использование программного комплекса EXCEL позволяет автоматизировать процесс выбора оптимальных параметров тормоза грузового вагона и ускорить процесс получения результата.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. 329 с.
2. Гребенюк, Долганов А.Н, Скворцова А.И. Тяговые расчеты: справочник / под ред. П. Т. Гребенюка. М: Транспорт, 1987. 272 с.
3. В.Г. Иноземцев, П.Т.Гребенюк. Нормы и методы расчета автотормозов: М: Транспорт, 1971. 57 с.
4. Гребенюк П. Т. Правила тормозных расчетов: М: Интекст, 2004. 112 с.
5. ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015. Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України. Київ: Транспорт України, 2002. 143 с.
6. № ЦВ-0011. Нормативи по гальмам. Київ: Транспорт України, 1998. 18 с.
7. ЦВ-ЦЛ-0013. Інструкція з ремонту гальмівного обладнання вагонів. Київ: Транспорт України, 2005. 160 с.
8. ГОСТ 34434-2018. Тормозные системы грузовых железнодорожных вагонов. Технические требования и правила расчета. [Действует с 30.10.2018]. Москва: Стандартинформ, 2018. 27 с. (Межгосударственные стандарты).
9. Сафронов А. М., Водянников Ю.Я., Макеева Е.Г. Тормозная эффективность грузовых вагонов. Методология расчетных и экспериментальных исследований с использованием математических моделей и компьютерного моделирования: монография. Кременчуг: УкрНИИВ, 2018. 173 с.;
10. Э.Н. Львовский. Статистические методы построения эмпирических формул: Высшая школа, 1988. 239 с.

O.M. Safronov
State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-03-24
Yu.Ya. Vodiannikov
State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-20-43
O.G. Makeieva
State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-02-50

DETERMINATION OF FREIGHT WAGON PARAMETERS ACCORDING TO THE SPECIFIED CRITERIA OF THE TRAIN BRAKING EFFICIENCY
(four-axle gondola cars, covered cars, platforms, dump cars)

The lack of normative values of the actual coefficients in the new rules of HOST 34434-2018 do not allow to implement and determine the optimal characteristics of the brake according to pre-accepted conditions of braking efficiency (braking distance), which causes uncertainty in solving this problem. The uncertainty is that the choice of characteristics of the braking system of the freight wagon has to be done by

searching a large number of options. In this regard, the paper provides tools for determining the actual pressing force of the brake pads on the wheels, which complies with the specified braking performance of the freight train. As a tool, universal formulas are used in the form of a power relationship between the actual force of the brake pads and the braking distance of the freight train. The coefficients of universal formulas are obtained on the basis of computer modeling. Numerous examples show that the error in the use of universal formulas in calculation studies does not exceed 1% compared with the calculation method according to HOST 34434-2018. The values of the actual coefficients depending on the axial load of the wagon and the speed at which the braking distances of the freight train satisfy the normative minimum allowable values are given. It is shown that calculation studies performed according to the universal formulas in the EXCEL environment allows to fully automating the computational process. A method for determining the gear ratio of the brake lever of a freight wagon, according to which the specified braking efficiency is performed, is proposed. The proposed procedure allows you to perform a variety of studies to select the optimal parameters of the braking system of freight wagons that meet the specified requirements of braking efficiency, and greatly facilitates the calculation studies.

Key words: *actual coefficient, braking distance, speed, axial load, power dependence, coefficients, gear ratio.*

REFERENCES

1. Normy dlia raschieta i proiektirovaniia vahonov zhielieznykh doroh MPS kolei 1520 mm (niesamokhodnykh) [Standards for the calculation and design of railway cars of the Ministry of Railways 1520 mm (non-self-propelled)]. (1996). Moscow: HosNIIV – VNIIZhT, p. 319 [in Russian]

2. Hriebieniuk P., Dolhanov A. & Skvortsova A. (1987). Tiahovyie raschiety [Traction calculations]. Moscow: "Transport", p. 272 [in Russian]

3. Inozemtsev V.G. & Grebenyuk P.T. (1971). Normy i mietody raschieta avtotormozov [Standards and methods for calculating railcar brakes]. Moscow: "Transport", p. 57 [in Russian]

4. Hrebeniuk P. T. (2004). Pravila tormoznykh raschietov [Rules of brake calculations]. Moscow: "Intext", p. 112 [in Russian]

5. Tst-TsV-TsL-0015. Instruktsiia z ekspluatatsii halm rukhomoho skladu na zaliznytsiakh Ukrainy [Instructions on the operation of rolling stock brakes on the railways of Ukraine]. (2002). Kyiv: «Transport Ukrainy», p. 143 [in Ukrainian]

6. Yinstruktsia TsV-0011. Normatyvy po halmam. [TsV-0011. Instruction. Standards for brakes]. (1997). Kyiv: Transport Ukrainy, p.19 [in Ukrainian]

7. TsV-TsL-0013 Instruktsiia z remontu halmivnoho obladnannia vahoniv [Instruction on repair of brake equipment of cars]. (2005). Kyiv, p. 160 [in Ukrainian]

8. Tormoznyie systemy hruzovykh zhielieznodorozhnykh vahonov. Tiekhnichieskiie triebovaniia i pravila raschieta [Brake systems of freight railway wagons. Technical requirements and calculation rules]. (2018, October 30). Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification. HOST 34434-2018. Moscow: Standartinform, p.32 [in Russian]

9. Safronov A.M, Vodiannikov Y. Ya. & Makeeva E. G. (2018, October 30). Tormoznaia efficktivnost hruzovykh vahonov. Metodolohiia raschietnykh i ekspierimientalnykh yssliedovanii s yspolzovaniiem matiematichieskikh modelei y kompiuternoho modelirovaniia [Brake efficiency of freight wagons. The methodology of calculation and experimental studies using mathematical models and computer simulations]. Monograph. Kremenchuk: SE "UkrNIIV", p.173 [in Russian]

10. Lvovskii E.N. (1988). Statistichieskiie mietody postroieniia empirichieskikh formul [Statistical methods for constructing empirical formulas]. Vysshaia Shkola, 239 p.

УДК 629.463.67 ***DOI: 10.47675/2304-6309-2021-23-111-126***

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, E-mail: office@ukrndiv.com.ua
Ю.Я. Водянніков
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-20-43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua
П.О. Хозя
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-03-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua
А.Є. Можейко
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-13-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ГАЛЬМІВНА ЕФЕКТИВНІСТЬ КАР'ЄРНИХ ПОЇЗДІВ З ШЕСТИВІСНИМИ ДУМПКАРАМИ ПІДВИЩЕНОГО ОСЬОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ДО 27,7 ТС

Підвищення технічного рівня залізничного транспорту промислових підприємств виражається у впровадженні прогресивних видів тяги (тепловозів і електровозів), чотири і шестивісних спеціалізованих вагонів, у тому числі саморозвантажних, засобів автоматики і телемеханіки. Для підвищення продуктивності кар'єрних потягів на ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» був зпроектований шестивісний вагон-самоскид (думпкар) моделі 33-7141 для кар'єрного залізничного транспорту. Вагон призначений для перевезення з кар'єрів розкривних скельних порід, руди і інших сипких і кускових вантажів, щільністю (1,75–4,0) т/м^3, а також механізованого розвантаження на відвалах або подрібнювальних установках відкритих гірських розробок. Відмітною особливістю інноваційних думпкарів від типових є збільшення маси вантажу на 10 т та осьового навантаження до 271,6 (27,7) кН (тс). У зв'язку з цим, актуальними стають питання оцінки гальмівної ефективності кар'єрного поїзда з інноваційними думпкарами, що відповідають вимогам для залізничного промислового транспорту.

© Сафронов О.М., Водянніков Ю.Я., Хозя П.А., Можейко А.Є., 2021

У статті приведені результати дослідження гальмівної ефективності кар'єрного поїзда з 10 і 14 вагонами в складі. В якості тягових одиниць розглядалися: тепловоз Т ЭМ7 і агрегат ОП Э1АМ з одним і двома моторними вагонами. Максимальні допустимі швидкості руху визначалися в заданому діапазоні ухилів залізничної колії, причому максимально можливий спуск задавався за умови, що гальмівний шлях не перевищить або буде рівним 300.

В результаті проведених досліджень було встановлено, що максимальні допустимі ухили склали від 34 ‰ до 38 ‰ залежно від кількості вагонів і тягових одиниць. Швидкість руху потягів з інноваційними думпкарами на площадці складає 42 км/год.

Ключові слова: *вагон-самоскид, думпкар, максимальний ухил, допустима швидкість, гальмівний шлях, тягова одиниця.*

А.М. Сафронов*
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавской обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-03-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua
Ю.Я. Водянников
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавской обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-20-43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua
П.А. Хозя
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавской обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-03-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua
А.Е. Можейко
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавской обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-13-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ТОРМОЗНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАРЬЕРНЫХ ПОЕЗДОВ С ШЕСТИОСНЫМИ ДУМПКАРАМИ ПОВЫШЕННОЙ ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ ДО 27,7 ТС

Повышение технического уровня железнодорожного транспорта промышленных предприятий выражается во внедрении прогрессивных видов тяги (тепловозов и электровозов), четырех и шестиосных специализированных вагонов, в том числе саморазгружающихся, средств автоматики и телемеханики. Для повышения производительности карьерных поездов на ПАО «Крюковский вагоностроительный завод» был спроектирован

шестиосный вагон-самосвал (думпкар) модели 33-7141 для карьерного железнодорожного транспорта. Вагон предназначен для перевозки из карьеров вскрышных скальных пород, руды и других сыпучих и кусковых грузов, плотностью (1,75-4,0) т/м^3, а также механизированной разгрузки на отвалах или дробильных установках открытых горных разработок. Отличительной особенностью инновационных думпкаров от типовых является увеличение массы перевозимого груза на 10 т и осевой нагрузки до 271,6 (27,7) кН (тс). В связи с этим, актуальными становятся вопросы оценки тормозной эффективности карьерного поезда с инновационными думпкарами, отвечающие требованиям для железнодорожного промышленного транспорта.

В статье приведены результаты исследования тормозной эффективности карьерного поезда с 10 и 14 вагонами в составе. В качестве тяговых единиц рассматривались: тепловоз Т ЭМ7 и агрегат ОП ЭІАМ с одним и двумя моторными вагонами. Максимальные допустимые скорости движения определялись в заданном диапазоне уклонов железнодорожного пути, причем максимально возможный спуск задавался при условии, что тормозной путь не превысит или будет равным 300 м.

В результате проведенных исследований было установлено, что максимальные допустимые спуски составили от 34 ‰ до 38 ‰ в зависимости от количества вагонов и тяговых единиц. Скорость движения поездов с инновационными думпкарами на площадке составляет 42 км/ч.

Ключевые слова: *вагон-самосвал, думпкар, максимальный уклон, допустимая скорость, тормозной путь, тяговая единица.*

Умови роботи гірничодобувних підприємств не є постійними і безперервно ускладнюються впродовж усього періоду розробки родовища (зміна в часі глибини ведення гірських робіт, висоти робочої зони і величини поточного коефіцієнта розкриву, зміна з глибиною умов транспортування гірської маси з кар'єру до пунктів доставки).

Збільшення глибини кар'єрів для видобутку корисних копалин до 750-1000 м визначає підвищену увагу до проблеми транспорту глибоких кар'єрів, тому що без її рішення неможливо забезпечити рентабельний видобуток корисних копалин на таких глибинах. Це обумовлює оснащення кар'єрів новим гірничотранспортним устаткуванням, вдосконалення технології і організації виробництва і інші чинники технічного прогресу доки не компенсують пов'язане із зростанням глибини кар'єрів збільшення витрат. Тому, у міру зростання відстаней транспортування і висоти підйому гірської маси, зменшення розмірів робочої зони кар'єру потрібно періодичне вдосконалення транспортної системи і схеми розкриття кар'єру, спрямоване на забезпечення оптимальних умов експлуатації кожного із вживаних на кар'єрі видів транспорту при їх самостійному або комбінованому застосуванні.

Підвищення технічного рівня залізничного транспорту промислових підприємств виражається у впровадженні прогресивних видів тяги (тепловозів і електровозів), чотири та шестивісних спеціалізованих вагонів, у тому числі саморозвантажних, засобів автоматики і телемеханіки.

Для підвищення продуктивності кар'єрних потягів і зниження часу обороту на ПАТ «Крюківскій вагонобудівний завод» був зпроектований шестивісний вагон-самоскид (думпкар) для кар'єрного залізничного транспорту моделі 33-7141 (рис.1).

Мета розробки полягала в створенні думпкара з поліпшеними техніко-економічними показниками посиленої конструкції на тривісних візках, призначеними для перевезення з кар'єрів розкривних скельних порід, руди і інших сипких і кускових вантажів, щільністю (1,75-4,0) т/м^3, а також механізованого розвантаження на відвалах або подрібнювальних установках відкритих гірських.

Вагон-думпкар призначається для експлуатації по коліям промислових підприємств з ухилом не більше 30 ‰, а також для пересування в порожньому стані по мережі залізниць колії 1520 мм, до місця експлуатації або ремонту, з конструкційною швидкістю не більше 90 км/год, як вантаж на своїх осях. Основні параметри і розміри вагона-думпкара вказані в таблиці 1 [4].

Рис. 1. **Шестивісний вагон-самосвал (думпкар) моделі 33-7141**

Таблиця 1. - **Основні параметри і розміри вагона-думпкара моделі 33-7141**

Найменування параметра	Значення параметра
1	2
Вантажопідйомність, т, не більше	115
Маса тари, т, не більше	51
Ширина колії, мм	1520
Максимальне розрахункове статичне навантаження від колісної пари на рейки, кН (тс)	271,6 (27,7)
Об'єм кузова, м^3	55
Питомий об'єм, (об'єм/вантажопідйомність), м^3/т	0,474
Питома матеріаломісткість (маса тари/вантажопідйомність)	0,439
Конструкційна швидкість, км/год, не більше: - по магістральних коліях в порожньому стані - по коліях промислових підприємств в порожньому стані	90 70 40

Оскільки відмітною особливістю інноваційних думпкарів від типових є збільшення маси вантажу на 10 т і осьового навантаження до 271,6 (27,7) кН (тс), то актуальними є питання гальмівної ефективності вагонів, що відповідають вимогам для залізничного промислового транспорту.

В якості оціночної характеристики гальмівної ефективності промислового залізничного транспорту є максимальна швидкість руху, за якої гальмівний шлях складає 300 м незалежно від величини ухилу залізничної колії [5-7].

Дослідження гальмівної ефективності інноваційного вагона-думпкара проводилися в умовах Полтавського гірничо-збагачувального комбінату. Такий вибір обумовлений наявною розвинутою залізничною інфраструктурою на цьому підприємстві.

Загальна протяжність залізничної мережі на території комбінату складає 186,8 км, з них електрифіковані 87 км. Щорічно перевозиться близько 55 млн тонн гірської маси : близько 35 млн тонн - це руда і 20 млн тонн – порода [8].

Для перевезення руди використовуються локомотиви ТЕМ- 7 і тягові агрегати ОПЕ1АМ.

Дослідження виконувалися в два етапи: на першому етапі вимірювалися дійсні сили натиснення композиційних колодок на колеса при екстренному пневматичному гальмуванні, а також тиски в гальмівних циліндрах, на другому - визначалися максимальні допустимі швидкості руху кар'єрного поїзда, за яких гальмівний шлях складає 300 м при заданому діапазоні значень ухилів.

Гальмівна ефективність визначалася для поїзда, що включає послідовно 10 і 14 вагонів-думпкарів вантажопідйомністю 115 тонн з масою тари 51 т.

В якості тягових одиниць розглядалися тепловоз ТЕМ7 (рис. 2) і тяговий агрегат моделі ОПЕ1АМ з одним і двома моторними вагонами (рис. 3 і 4).

Рис. 2. **Загальний вигляд тепловозу ТЕМ7**

Рис. 3. **Зовнішній вигляд тягового агрегату моделі ОПЕ1АМ**

Рис.4. **Зовнішній вигляд поїзда з двома моторними вагонами**

ГАЛЬМІВНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОЇЗДА З ТЕПЛОВОЗОМ ТЕМ7

Коротка характеристика тепловоза

Ширина колії, м.....1520
Габарит по ГОСТ 9238-83.....1-Т
Потужність по дизелю, кВт (л. с.).....1470 (2000)
Осьова формула.....20-20-20-20
Службова маса, т.....180±3
Нагрузка від колісної пари на рейки, кН (тс).....220±3 (22,5±3)
Конструкционная швидкість, км/год.....100
Мінімальний радіус прохідних кривих, м.....80
Діаметр коліс, мм.....1050

Гальмівне обладнання тепловоза ТЕМ7 приведене на рис. 5. Параметри гальмівного обладнання тепловоза ТЕМ7 наведено в табл. 2

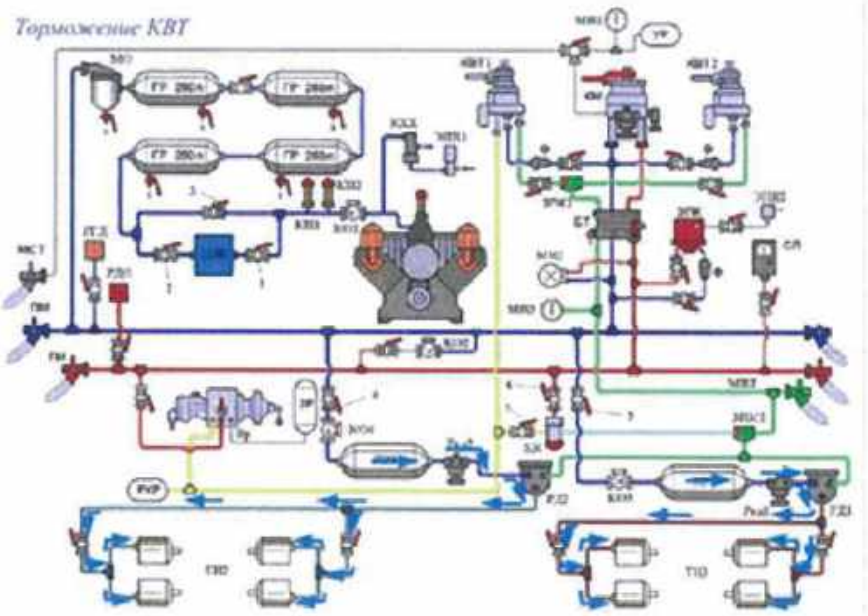


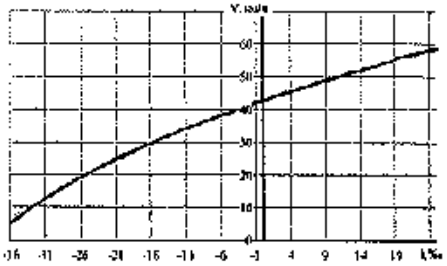
Рис.5. **Схема гальмівного обладнання тепловоза ТЕМ7**

Таблиця 2.- **Параметри гальмівного обладнання**

Найменування параметра	Значення параметра
Тип гальма	колодка з двостороннім натисненням
Принцип дії пневматичного гальма	автоматичний прямодіючий
Розподільник повітря	умовний № 483
Число гальмівних осей пневматичного гальма, шт	8
Величина натиснення гальмівних колодок пневматичного гальма, тс	60,6
Тип гальмівних колодок	чавунні гребеневі

Дослідження проводилися при подвійній тязі (два тепловози) з кількістю вагонів 10 і 14. Результати представлені в таблицях 3, 4.

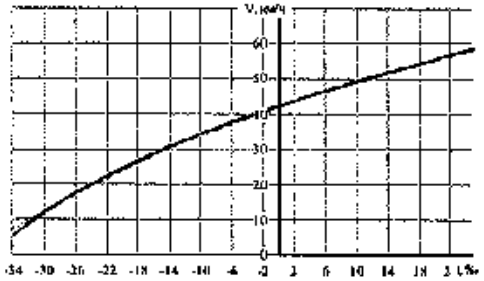
Таблиця 3. - **Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2020 тс**

Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2020 тс і корисним навантаженням при 10 вагонах - 1150 тс.				
Ухил, ‰	Швидкість, км/год	Час, с	Гальмівний шлях, м	Номограма
1	2	3	4	5
-36	5,11	146	300,01	
-34	8,30	121	300,01	
-32	11,27	105	300,01	
-30	14,04	94	300,00	
-28	16,63	85	300,00	
-26	19,07	79	300,01	
-24	21,37	73	300,00	
-22	23,55	69	300,00	
-20	25,63	65	299,99	
-18	27,62	62	300,00	
-16	29,53	59	300,00	
-14	31,36	56	300,01	
-12	33,12	54	300,00	
-10	34,83	52	300,01	
-8	36,48	50	300,00	
-6	38,08	49	300,01	Рівняння для визначення максимальної швидкості при заданому довільному значенні ухилу
-4	39,63	47	300,00	
-2	41,14	46	300,00	
0	42,62	45	300,00	
2	44,04	43	300,00	$V_{max} = 0{,}00010\, i^3(‰) - 0{,}00534\, i^2(‰) +$
4	45,44	42	300,00	

Закінчення таб. 3

1	2	3	4	5
6	46,81	41	300,00	+ 0,70923 i (‰) + 42,69671 Коефіцієнт детермінації (міра близькості до розрахункових значень) $R^2 = 0,99992$
8	48,15	40	300,00	
10	49,47	40	300,00	
12	50,75	39	300,00	
14	52,00	38	300,00	
16	53,23	37	299,99	
18	54,46	37	300,00	
20	55,64	36	299,99	
22	56,80	35	300,00	
24	57,96	35	300,00	
26	59,08	34	300,00	

Таблиця 4. - **Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2684 тс**

Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2684 тс та корисним навантаженням при 14 вагонах - 1610 тс.				
Ухил, ‰	Швидкість, км/год	Час, с	Гальмівний шлях, м	Номограма
1	2	3	4	5
-34	5,44	153	299,99	 Рівняння для визначення максимальної швидкості при заданому довільному значенні ухилу $V_{max} = 0,00011 \cdot i^3(‰) - 0,00612 \cdot i^2(‰)$
-32	8,83	125	300,01	
-30	11,92	107	300,01	
-28	14,78	95	299,99	
-26	17,43	86	300,00	
-24	19,91	79	300,00	
-22	22,23	73	300,00	
-20	24,44	69	299,99	
-18	26,53	65	300,00	
-16	28,52	62	300,01	
-14	30,43	59	300,00	
-12	32,26	56	300,00	
-10	34,03	54	300,00	
-8	35,73	52	300,01	
-6	37,38	50	300,00	
-4	38,99	49	300,01	
-2	40,53	47	300,00	
0	42,04	46	300,00	
2	43,50	44	300,00	
4	44,93	43	300,00	

Закінчення таб. 4

1	2	3	4	5
6	46,32	42	300,00	+ 0,72589· i(‰) + 42,16523 Коефіцієнт детермінації (міра близькості до розрахункових значень) $R^2 = 0,99988$
8	47,68	41	300,00	
10	49,01	40	300,00	
12	50,32	39	300,00	
14	51,61	39	300,00	
16	52,85	38	300,00	
18	54,07	37	299,99	
20	55,28	36	300,00	
22	56,47	36	299,99	
24	57,62	35	299,99	

ГАЛЬМІВНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОЇЗДА З ТЯГОВИМ АГРЕГАТОМ ОПЕ1АМ

Коротка характеристика агрегату

Діаметр коліс, мм.....1250
Ширина колії, мм.....1520
Конструкційна швидкість, км/год.....65
Швидкість тривалого режиму, км/год.....30,4
Маса тягового агрегату, т.....368
Електровоза управління, т.....120
Дизельній секції, т.....124
Навантаженого моторного вагону, т.....124
Вантажопідйомність моторного вагону, т.....45,5
Маса тари моторного вагону, т, не більше.....82,2

Таблиця 5. - **Параметри гальмівного обладнання**

Найменування параметра	Значення параметра
Тип гальма	колодка з двостороннім натисненням
Принцип дії пневматичного гальма	автоматичний прямодіючий
Число гальмівних колодок на осі, шт	4
Число гальмівних осей пневматичного гальма, шт	4
Величина натиснення гальмівних колодок пневматичного гальма, тс	4,3
Тип гальмівних колодок	чавунні гребеневі
Електричне гальмування (магниторельсовый гальмо не використовується)	-

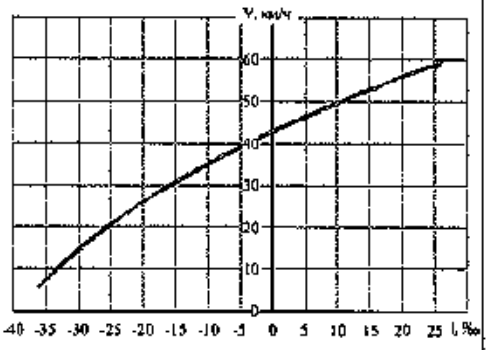
Результати дослідження при одному моторному вагоні з кількістю вагонів 10 і 14 представлені в таблицях 6, 7 (під час екстренного гальмування при дії

пневматичного гальма). Результати дослідження гальмівній ефективності поїзда з двома моторними вагонами приведені в таблицях 8, 9.

Підсумкові результати дослідження приведено в таблиці 10.

Таблиця 6. - **Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2028 тс**

Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2028 тс і корисним навантаженням при 10 немоторних вагонах і одному моторному вагоні- 1195,5 тс.				
Ухил, ‰	Швидкість, км/год	Час, с	Гальмівний шлях, м	Номограма
1	2	3	4	5
-36	5,37	145	300,04	
-34	8,53	121	299,97	
-32	11,48	105	300,02	
-30	14,23	94	299,98	
-28	16,81	85	300,02	
-26	19,23	78	299,95	
-24	21,52	73	299,97	
-22	23,70	69	300,01	
-20	25,77	65	299,99	
-18	27,76	62	300,01	
-16	29,66	59	300,04	
-14	31,48	56	300,01	
-12	33,24	54	300,02	
-10	34,94	52	300,01	
-8	36,59	50	300,01	
-6	38,19	49	300,01	
-4	39,73	47	300,00	
-2	41,25	46	300,00	
0	42,72	45	300,00	
2	44,14	43	299,97	
4	45,54	42	299,97	
6	46,90	41	299,97	
8	48,24	40	299,98	
10	49,56	40	299,96	
12	50,84	39	299,98	
14	52,09	38	299,98	
16	53,31	37	299,99	
18	54,54	37	299,98	
20	55,72	36	299,99	
22	56,87	35	299,99	
24	58,04	35	300,00	
26	59,15	34	300,00	



Рівняння для визначення максимальної швидкості при заданому довільному значенні ухилу

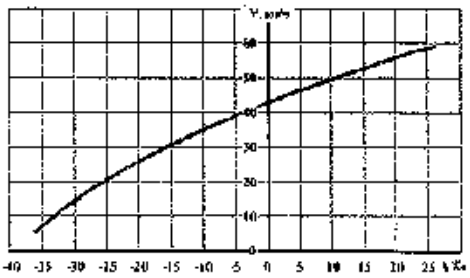
$$V_{max} = 0{,}0001 \cdot i^3(‰) - 0{,}0053 \cdot i^2(‰) + 0{,}7083 \cdot i\,(‰) + 42{,}793$$

Коефіцієнт детермінації (міра близькості до розрахункових значень)

$$R^2 = 0{,}9999$$

Таблиця 7. - **Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2692 тс**

Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2692 тс і корисним навантаженням при 14 немоторних вагонах і одному моторному вагоні – 1655,5 тс.				
Ухил, ‰	Швидкість, км/год	Час, с	Гальмівний шлях, м	Номограма
-34	5,59	153	299,96	
-32	8,95	125	299,98	
-30	12,04	107	299,97	
-28	14,89	95	300,04	
-26	17,53	86	300,01	
-24	20,00	79	299,96	
-22	22,32	73	299,98	
-20	24,52	69	299,99	
-18	26,61	65	300,05	
-16	28,60	61	300,03	
-14	30,51	59	300,03	
-12	32,33	56	300,01	
-10	34,10	54	300,01	
-8	35,80	52	300,01	
-6	37,44	50	300,01	
-4	39,04	48	300,00	
-2	40,59	47	300,00	
0	42,10	46	300,00	
2	43,55	44	300,00	
4	44,98	43	299,96	
6	46,37	42	299,97	
8	47,73	41	299,98	
10	49,07	40	299,99	
12	50,37	39	299,99	
14	51,66	39	299,98	
16	52,90	38	299,99	
18	54,12	37	299,99	
20	55,32	36	299,99	
22	56,52	36	299,99	
24	57,67	35	299,99	
26	58,84	35	299,99	
28	59,94	34	299,99	



Рівняння для визначення максимальної швидкості при заданому довільному значенні ухилу

$$V_{max} = 0{,}0001 \cdot i^3(‰) - 0{,}0061 \cdot i^2(‰) + 0{,}7254 \cdot i\,(‰) + 42{,}221$$

Коефіцієнт детермінації (міра близькості до розрахункових значень) $R^2 = 0{,}9999$

Таблиця 8. - **Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2152 тс**

Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2152 тс та корисним навантаженням при 10 немоторних вагонах і двох моторних вагонах – 1241 тс.				
Ухил, ‰	Швидкість, км/год	Час, с	Гальмівний шлях, м	Номограма
-38	5,17	138	300,03	
-36	8,15	117	300,03	
-34	10,97	103	300,04	
-32	13,62	92	299,98	
-30	16,14	84	300,04	
-28	18,51	78	300,02	
-26	20,77	73	299,97	
-24	22,92	68	299,98	
-22	24,97	65	299,98	
-20	26,94	61	299,99	
-18	28,83	59	299,99	
-16	30,65	56	300,02	
-14	32,41	54	300,02	
-12	34,11	52	300,01	
-10	35,75	50	299,98	
-8	37,35	49	300,01	
-6	38,90	47	300,00	
-4	40,41	46	300,01	
-2	41,89	45	300,01	Рівняння для визначення максимальної швидкості при заданому довільному значенні ухилу
0	43,33	44	300,01	
2	44,71	42	300,00	
4	46,08	41	300,00	
6	47,43	41	299,96	$V_{max} = 0{,}00009 \cdot i^3(‰) - 0{,}0046 \cdot i^2(‰) + +0{,}6937 \cdot i\,(‰) + 43{,}358$
8	48,74	40	299,97	
10	50,02	39	299,97	Коефіцієнт детермінації (міра близькості до розрахункових значень)
12	51,28	38	299,98	
14	52,51	37	299,99	
16	53,74	37	299,99	$R^2 = 0{,}99999$
18	54,92	36	299,99	
20	56,09	35	300,00	
22	57,25	35	299,99	
24	58,37	34	299,99	

Таблиця 9. - **Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2817 тс**

Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2817 тс та корисним навантаженням при 14 немоторних вагонах і двох моторних вагонах– 1241 тс.				
Ухил, ‰	Швидкість, км/год	Час, с	Гальмівний шлях, м	Номограма
-36	4,86	152	300,04	
-34	8,08	125	300,05	
-32	11,09	108	299,96	
-30	13,89	95	299,99	
-28	16,50	86	299,96	
-26	18,96	80	299,95	
-24	21,28	74	299,97	
-22	23,47	69	299,99	
-20	25,57	65	299,99	
-18	27,57	62	300,04	
-16	29,48	59	300,03	
-14	31,32	57	300,03	
-12	33,09	54	300,01	
-10	34,80	52	299,96	
-8	36,45	50	299,98	
-6	38,06	49	300,01	
-4	39,62	47	300,00	
-2	41,13	46	300,00	
0	42,61	45	300,00	Рівняння для визначення максимальної швидкості при заданому довільному значенні ухилу
2	44,05	44	300,00	
4	45,44	42	300,00	
6	46,81	41	300,00	
8	48,17	41	299,96	$V_{мак} = 0{,}0001 \cdot i^3(‰) - 0{,}0054 \cdot i^2(‰) + 0{,}7101 \cdot i(‰) + 42{,}694$
10	49,47	40	299,96	
12	50,76	39	299,98	
14	52,01	38	299,98	Коефіцієнт детермінації (міра близькості до розрахункових значень)
16	53,24	37	299,99	
18	54,47	37	299,99	$R^2 = 0{,}9999$
20	55,65	36	299,99	
22	56,81	35	299,99	
24	57,98	35	300,00	
26	59,09	34	300,00	

Таблиця 10. - **Підсумкові результати досліджень**

Кількість вагонів	Допустимі швидкості руху на максимальних спусках			Допустимі швидкості руху на спуску 30 ‰		
	Спуск, ‰	$[V]_{max}$, км/год	Час гальмування, с	Спуск, ‰	$[V]_{max}$, км/год	Час гальмування, с
На ухилах						
Два тепловоза ТЕМ7						
10 вагонів	-36	5,11	146	-30	14,04	94
14 вагонів	-34	5,44	153	-30	11,92	107
Агрегат ОПЕ1АМ з одним моторним вагоном						
10 вагонів	-36	5,37	145	-30	14,23	94
14 вагонів	-34	5,59	153	-30	12,04	107
Агрегат ОПЕ1АМ з двома моторними вагонами						
10 вагонів	-38	5,17	138	-30	16,14	84
14 вагонів	-36	4,86	152	-30	13,89	95
На рівній площадці						
Кількість вагонів	Спуск, ‰		$[V]_{max}$, км/год		Час гальмування, с	
Два тепловоза ТЕМ7						
10 вагонів	42,62		45		300,00	
14 вагонів	42,04		46		300,00	
Агрегат ОПЕ1АМ з одним моторним вагоном						
10 вагонів	42,72		45		300,00	
14 вагонів	42,10		46		300,00	
Агрегат ОПЕ1АМ з двома моторними вагонами						
10 вагонів	43,33		44		300,01	
14 вагонів	42,61		45		300,00	

Висновки

✓ Максимальне значення спуску дозволеного для руху кар'єрного поїзда при 10 і 14 думпкарах склав:

- при двох тепловозах ТЕМ7 і агрегаті ОПЕ1АМ з одним моторним вагоном відповідно мінус 36 ‰ і 34 ‰;
- для агрегату ОПЕ1АМ з двома моторними вагонами - мінус 38 ‰ і 36 ‰;

✓ Максимальна допустима швидкість руху кар'єрного поїзда на спуску 30 ‰ при 10 і 14 думпкарах не повинна перевищувати:

- при двох тепловозах ТЕМ7 і агрегаті ОПЕ1АМ з одним моторним вагоном 14 км/год і 12 км/год;
- для агрегату ОПЕ1АМ з двома моторними вагонами відповідно 16,14 км/год і 13,89 км/год.

ЛІТЕРАТУРА

1. Логинов А.И., Афанаскин Н.Е. Вагоны-самосвалы. М.: Транспорт, 1975, 192 с.
2. Каблуков В.А., Савчук О.М. Подвижной состав промышленного железнодорожного транспорта: Учебник 2-е изд. перераб. и доп. К.: Вища школа, 1990, 295 с.
3. Калмыков В.Г., Кузнецов А.Г. Вагоны промышленного транспорта. М.: Транспорт. 1978. 336 с.
4. Технічне завдання на дослідно-конструкторську роботу вагон – самоскид (думпкар) модель 33-7141 7141.00.000 ТЗ. 31 с.
5. Методическое пособие. Актуализация правил тяговых расчетов на промышленном железнодорожном транспорте. Москва: 2016. 95 с.
6. Правила тяговых расчетов для поездной работы промышленных электровозов и тяговых агрегатов постоянного тока. М.: ПромтрансНИИпроект, 1977. 117 с.
7. Правила тяговых расчетов для поездной работы, М.: Транспорт, 1985. 287с.
8. Козаченко Д. М., Малашкін В. В., Березовий М. І., Іскра О. Л. Дослідження пропускної та провізної спроможності залізничної інфраструктури гірничо-збагачувального комбінату в умовах збільшення обсягів перевезення сировини. Транспортні системи і технології перевезень. Дніпро, 2020. Вип. 20. С. 86–93. DOI: 10.15802/tstt2020/217417.

O.M. Safronov
State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-03-24
Yu.Ya. Vodiannikov
State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-20-43
P.O. Khozia
State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-03-24
A.E. Mozheiko
State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute"
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-13-24

BRAKING EFFICIENCY OF QUARRY TRAINS WITH SIX-BOGIES DUMP CARS OF THE INCREASED AXIAL LOAD UP TO 27.7 TF

Improving the technical level of railway transport of industrial enterprises is expressed in the introduction of advanced types of traction (locomotives and electric locomotives), four and six-axle specialized cars, including self-unloading, automation and telemechanics. To increase the productivity of quarry trains at PJSC "Kryukiv Railway Car Building Plant" a six-axle dump car model 33-7141 for quarry railway transport was designed. The car is designed for transportation from quarries of open cut hard rocks, ore and other bulk and lump cargo with density (1.75-4.0) t/m^3, as well as mechanized unloading on dumping sites or crushing units of opencast mining.

A distinctive feature of innovative dump cars from typical ones is the increase of cargo weight by 10 t and axial load to 271.6 (27.7) kN (ts). In this regard, the issues of assessing the braking efficiency of a quarry train with innovative dump cars that meet the requirements for railway industrial transport are becoming relevant. The article presents the study results of the braking efficiency of a quarry train composition of 10 and 14 cars. Locomotive TEM7 and unit ОРЕ1АМ with one and two motor cars were considered as traction units. The maximum permissible speeds were determined in a given range of slopes of the railway track, and the maximum possible descent was set provided that the braking distance does not exceed or will be equal to 300.

As a result of research, it was found that the maximum allowable deviations ranged from 34 ‰ to 38 ‰ depending on the number of cars and traction units. The speed of trains with innovative dump trucks on the site is 42 km/h.

Key words: *dump car, tipping wagon, maximum slope, permissible speed, braking distance, traction unit.*

REFERENCES

1. Lohinov A.Y. & Afanaskin N.E. (1975). *Vahony-samosvaly [Tipping wagons]*. Moscow: Transport, p. 192 [in Russian]

2. Kablukov V.A. & Savchuk O.M. (1990). *Podvizhnoi sostav promyshliennoho zhielieznodorozhnoho transporta [Rolling stock of industrial railway transport]*. Textbook 2nd ed. reworked. and ext. Kyiv: Vyshcha shkola, p. 295 [in Ukrainian]

3. Kalmykov V.G. & Kuznetsov A.G. (1978). *Vahony promyshliennoho transporta. [Industrial railway cars]*. Moscow: Transport, p. 336 [in Russian]

4. *Tekhnichne zavdannia na doslidno-konstruktorsku robotu vahon – samoskyd (dumpkar) model 33-7141 7141.00.000 TZ [Technical requirement specification for research and design work of dump car model 33-7141 7141.00.000 TS]*, p. 31 [in Ukrainian]

5. *Mietodichieskoie posobie. Aktualizatstia pravil tiahovykh raschietov na promyshliennom zheleznodorozhnom transportie [Guidance manual. Updating of the traction calculations rules for industrial railway transport]*. (2016). Moscow, p. 95 [in Russian]

6. *Pravyla tiahovykh raschietov dlia poiezdnoi raboty promyshliennykh ielektrovozov i tiahovykh ahrehatov postoiannoho toka [Rules of traction calculations for train operation of industrial electric locomotives and traction units of direct current]*. (1977). Moscow: Promtrans NYY proiekt [in Russian]

7. *Pravyla tiahovykh raschietov dlia poiezdnoi raboty [Rules of traction calculations for train operation]*. (1985). Moscow: Transport [in Russian]

8. Kozachenko D.M., Malashkin V.V., Berezovyi M.I. & Iskra O.L. (2020). Doslidzhennia propusknoi ta provizno spromozhnosti zaliznychnoi infrastruktury hirnycho-zbahachuvalnoho kombinatu v umovakh zbilshennia obsiahiv perevezennia syrovyny [Research of throughput and carrying capacity of the railway infrastructure of the mining and processing plant in the conditions of increase in raw materials volumes transportation]. *Transportni systemy i tekhnolohii perevezen –Transport systems and transportation technologies, 20*, 86–93. Dnipro. DOI: 10.15802/tstt2020/217417 [in Ukrainian].

УДК 629.4.077:629.4.016.12 **DOI: 10.47675/2304-6309-2021-23-127-139**

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, E-mail: office@ukrndiv.com.ua
Ю.Я. Водянніков
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-20-43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua
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, E-mail: office@ukrndiv.com.ua
Д.І. Єськов
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-13-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ГАЛЬМІВНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПОЇЗДІВ ПРОМИСЛОВОГО ТРАНСПОРТУ

Показані основні відмінності умов експлуатації промислового залізничного транспорту від магістрального, особливістю яких є виконання технологічних перевезень, тобто переміщення вантажу в локальних межах підприємств (внутрішні технологічні перевезення), і ввезення (вивезення) вантажів на інші види транспорту (зовнішні перевезення).

Важливе місце промисловий залізничний транспорт займає на гірничодобувних підприємствах, так як умови роботи цих підприємств не є постійними і безперервно ускладнюються протягом усього періоду розробки родовища.

У зв'язку з цим, одним з найважливіших факторів забезпечення безпеки руху поїзда є гальмівна ефективність. Розрахунок гальмівної ефективності кар'єрного поїзда виконується за спеціальними правилами, а параметри гальмівного процесу, що впливають на гальмівний шлях, задаються коефіцієнтами.

У якості оціночної характеристики гальмівної ефективності для промис-

© Сафронов О.М., Водянніков Ю.Я., Макеєва Е.Г., Еськов Д.І., 2021

лового залізничного транспорту прийнята максимальна швидкість руху, за якої гальмівний шлях має складати не більше ніж 300 м незалежно від величини ухилу залізничної колії.

Вперше запропоновано допустиму швидкість руху визначати ітераційним методом за допомогою коригуючого коефіцієнта, вибір якого обумовлений тим, що залежність між швидкістю і гальмівним шляхом описується квадратичною функцією. Розрахунок показав, що за п'ять ітерацій досягається різниця розрахункового та нормативного значень гальмівного шляху 0,01 м (1 см), що свідчить про ефективність запропонованої процедури визначення.

Для вирішення поставленого завдання було складено алгоритм, за яким розроблено програмний модуль, написаний в середовищі програмування VBA. Тестування програми виконувалося шляхом порівняльного аналізу результатів розрахунку з результатами наведеними в «Актуалізація правил тягових розрахунків на залізничному транспорті промислових підприємств». Аналіз результатів показав їх повну ідентичність.

Програмний комплекс дозволяє в автоматичному режимі виконувати розрахункові дослідження для заданого діапазону значень ухилів.

Наведено результати розрахунку поїзда в заданому діапазоні значень ухилів, а також аналітичний вираз для визначення максимальної швидкості при заданій довільній величині ухилу.

Ключові слова: *допустима швидкість, гальмівний шлях, ітераційний процес, коригуючий коефіцієнт, алгоритм.*

А.М. Сафронов*
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавской обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-03-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

Ю.Я. Водянников
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавской обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-20-43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

Е.Г. Макеева
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавской обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-02-50, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

Д.И. Еськов
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавской обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-13-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОРМОЗНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПОЕЗДОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ТРАНСПОРТА

Показаны основные отличия условий эксплуатации промышленного железнодорожного транспорта от магистрального, особенностью которых является выполнение технологических перевозок, т.е. перемещение груза в локальных границах предприятий (внутренние технологические перевозки), и ввоз (вывоз) грузов на другие виды транспорта (внешние перевозки).

Важное место промышленный железнодорожный транспорт занимает на горнодобывающих предприятиях, так как условия работы этих предприятий не являются постоянными и непрерывно усложняются в течение всего периода разработки месторождения.

В связи с этим, одним из важнейших факторов обеспечения безопасности движения поезда является тормозная эффективность. Расчет тормозной эффективности карьерного поезда выполняется по специальным правилам, а параметры тормозного процесса, влияющие на тормозной путь, задаются коэффициентами.

В качестве оценочной характеристики тормозной эффективности для промышленного железнодорожного транспорта принята максимальная скорость движения, при которой тормозной путь должен составить не более 300 м независимо от величины уклона железнодорожного пути.

Впервые предложено допустимую скорость движения определять итерационным методом с помощью корректирующего коэффициента, выбор которого обусловлен тем, что зависимость между скоростью и тормозным путем описывается квадратичной функцией. Расчет показал, что за пять итераций достигается разница расчетного и нормативного значений тормозного пути 0,01 м (1 см), что свидетельствует об эффективности предложенной процедуры определения.

Для решения поставленной задачи был составлен алгоритм, по которому разработан программный модуль, написанный в среде программирования VBA. Тестирование программы выполнялось путем сравнительного анализа результатов расчета с результатами приведенным в «Актуализация правил тяговых расчетов на промышленном железнодорожном транспорте». Анализ результатов показал их полную идентичность. Программный комплекс позволяет в автоматическом режиме выполнять расчетные исследования для заданного диапазона значений уклонов.

Приведены результаты расчета поезда в заданном диапазоне значений уклонов, а также аналитическое выражение для определения максимальной скорости при заданной произвольной величине уклона.

Ключевые слова: *допустимая скорость, тормозной путь, итерационный процесс, корректирующий коэффициент, алгоритм расчета.*

Вступ. У мережі народного господарства промисловий транспорт займає особливе місце і представляє сукупність транспортних засобів, споруд і шляхів промислових підприємств, призначених для обслуговування виробничих процесів,

переміщення сировини, напівфабрикатів і готової продукції на території виробничого підприємства.

Основною особливістю експлуатації промислового транспорту є виконання технологічних перевезень, тобто переміщення вантажу в локальних межах підприємств (внутрішні технологічні перевезення), і ввезення (вивезення) вантажів на інші види транспорту (зовнішні перевезення).

До складу промислового транспорту входять усі види транспорту, що становлять транспортну систему, а також специфічні види транспорту, але основними є залізничний, автомобільний і трубопровідний транспорт.

Провідну роль промисловий транспорт грає в роботі підприємств чорної металургії, вугільної, хімічної, будівельної, лісової, дерево- і нафтопереробної та інших галузей.

Залізничний промисловий транспорт повинен відповідати безпеці руху поїздів та маневрової роботи згідно галузевим і міжгалузевим інструкціям, правилам і положенням з технічної експлуатації залізниць, споруд і пристроїв, рухомого складу, сигналізації, пристрою і обслуговування переїздів і інших нормативних документів, що регламентують безпеку роботи залізничного транспорту.

Особливу роль промисловий транспорт займає в гірничодобувних підприємствах. Умови роботи гірничодобувних підприємств не є постійними і безперервно ускладнюються упродовж усього періоду розробки родовища (зміна в часі глибини ведення гірських робіт, висоти робочої зони, зміна з глибиною умов транспортування гірської маси з кар'єру до пунктів доставки).

На відміну від магістральних поїздів [1-12], розрахунок гальмівної ефективності промислового поїзда виконується за спеціальними правилами, а параметри гальмівного процесу, що впливають на гальмівний шлях, задаються коефіцієнтами [13, 14, 15], які отримані в процесі тривалих експериментальних досліджень.

Постановка проблеми. Кар'єрний залізничний транспорт, як правило, експлуатуються на ухилах, які можуть становити 40 ‰ і вище, тому найважливішим фактором безпеки руху таких поїздів є гальмівна ефективність

У якості оціночної характеристики гальмівної ефективності для промислового залізничного транспорту прийнята максимальна швидкість руху, при якій гальмівний шлях складає 300 м незалежно від величини ухилу залізничної колії [13, 14, 15].

Актуалізованими правилами [13], опублікованими в 2016 році, передбачається визначення максимальних допустимих швидкостей руху методом послідовного завдання початкових швидкостей до тих пір, поки не буде досягнута задана точність гальмівного шляху поїзда, що ускладнює проведення розрахункових досліджень.

Мета. Розробити алгоритм і програмний комплекс для визначення максимальних допустимих швидкостей руху кар'єрного поїзда в заданому діапазоні ухилів залізничної колії, а також автоматизувати розрахункові дослідження.

Матеріали та результати досліджень. Для визначення максимальної допустимої швидкості руху промислового поїзда пропонується використати ітераційний метод за допомогою коригуючого коефіцієнта (k_r):

$$V_k = V_{k-1} \cdot k_r, \tag{1}$$

де, V_{k-1} и V_k - початкова швидкість гальмування відповідно для *k -1* та *k – ої* ітерацій;

$$k_r = \sqrt{\frac{[S]}{S_k}}, \qquad (2)$$

де, [S] – нормативне максимальне значення гальмівного шляху, не більше [S] = 300 м;

S – гальмівний шлях, отриманий при *k -1* ітерації.

Вибір коригуючого коефіцієнта обумовлений тим, що залежність між швидкістю і гальмівним шляхом описується квадратичною функцією. Аналіз показав, що за п'ять ітерацій (рис. 1, 2) різниця розрахункового та нормативного значень гальмівного шляху досягає величини 0,01 м (1 см), що свідчить про ефективність запропонованої методики. Алгоритм ітераційного процесу наведено на рис. 3.

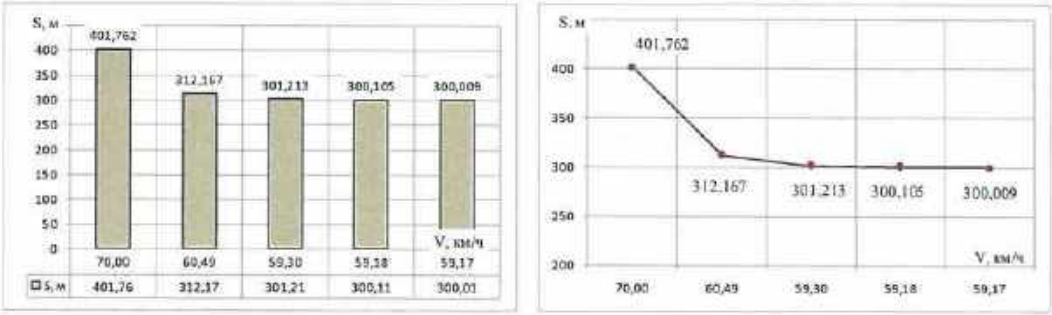


Рис. 1. **Ітераційний процес при початковій швидкості вище допустимої**

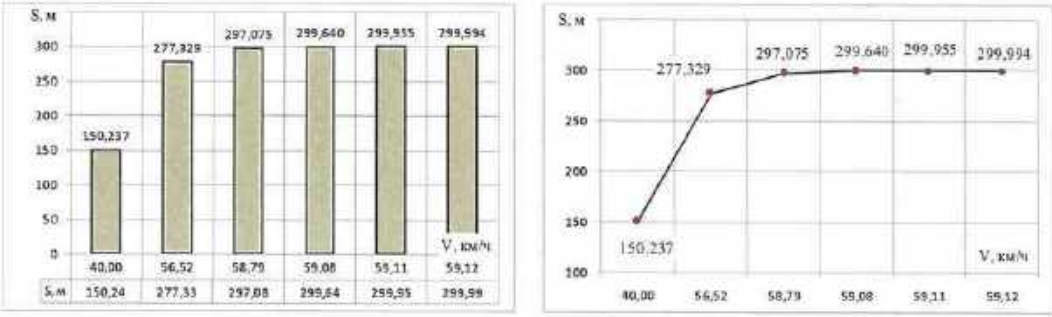


Рис. 2. **Ітераційний процес при початковій швидкості нижче допустимої**

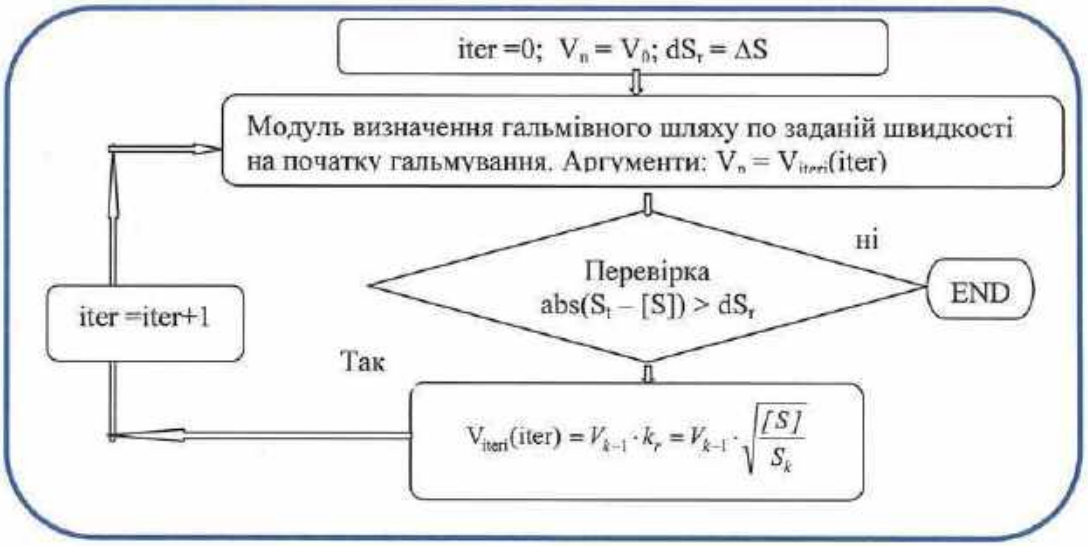


Рис. 3. **Алгоритм ітераційного процесу визначення максимальної швидкості, при якій гальмівний шлях не перевищує нормативне значення 300 м**

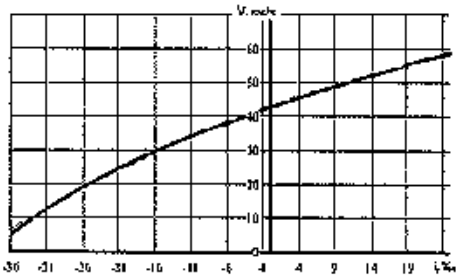
Таким чином, рішення завдання полягає у визначенні допустимих швидкостей руху за умови зупинки поїзда наявними гальмівними засобами на будь-якому ухилі в межах встановленої максимальної довжини гальмівного шляху (не більше 300 м). Для вирішення поставленого завдання було складено алгоритм (рис. 4), за яким розроблено програмний модуль, написаний в середовищі програмування VBA. Тестування програми виконувалося шляхом порівняльного аналізу результатів розрахунку з результатами наведеними в додатку Г [13], який показав їх повну ідентичність.

У таблиці 1 наведений приклад розрахунку гальмівної ефективності кар'єрного поїзда в діапазоні ухилів від мінус 36 ‰ до плюс 16 ‰, а також рівняння для визначення максимальної швидкості для заданого довільного ухилу.

Таблиця 1. - **Гальмівна ефективність кар'єрного поїзда загальною вагою 2020 тс і корисним навантаженням 1150 тс**

Ухил, ‰	Швидкість, км/год	Час, с	Гальм. шлях, м	Діаграма
1	2	3	4	5
-36	5,11	146	300,01	
-34	8,30	121	300,01	
-32	11,27	105	300,01	
-30	14,04	94	300,00	
-28	16,63	85	300,00	

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5
-26	19,07	79	300,01	
-24	21,37	73	300,00	
-22	23,55	69	300,00	
-20	25,63	65	299,99	
-18	27,62	62	300,00	
-16	29,53	59	300,00	
-14	31,36	56	300,01	
-12	33,12	54	300,00	
-10	34,83	52	300,01	Номограма для визначення максимальної швидкості.
-8	36,48	50	300,00	
-6	38,08	49	300,01	Рівняння для визначення максимальної швидкості при заданому довільному ухилі має вид:
-4	39,63	47	300,00	
-2	41,14	46	300,00	
0	42,62	45	300,00	$V_{мах} = 0{,}00010\ i^3(‰) - 0{,}00534\ i^2(‰) + 0{,}70923\ i\ (‰) + + 42{,}69671$
2	44,04	43	300,00	
4	45,44	42	300,00	
6	46,81	41	300,00	Коефіцієнт детермінації (міра близькості до експериментальних даних) склав $R^2 = 0.99992$
8	48,15	40	300,00	
10	49,47	40	300,00	
12	50,75	39	300,00	
14	52,00	38	300,00	
16	53,23	37	299,99	

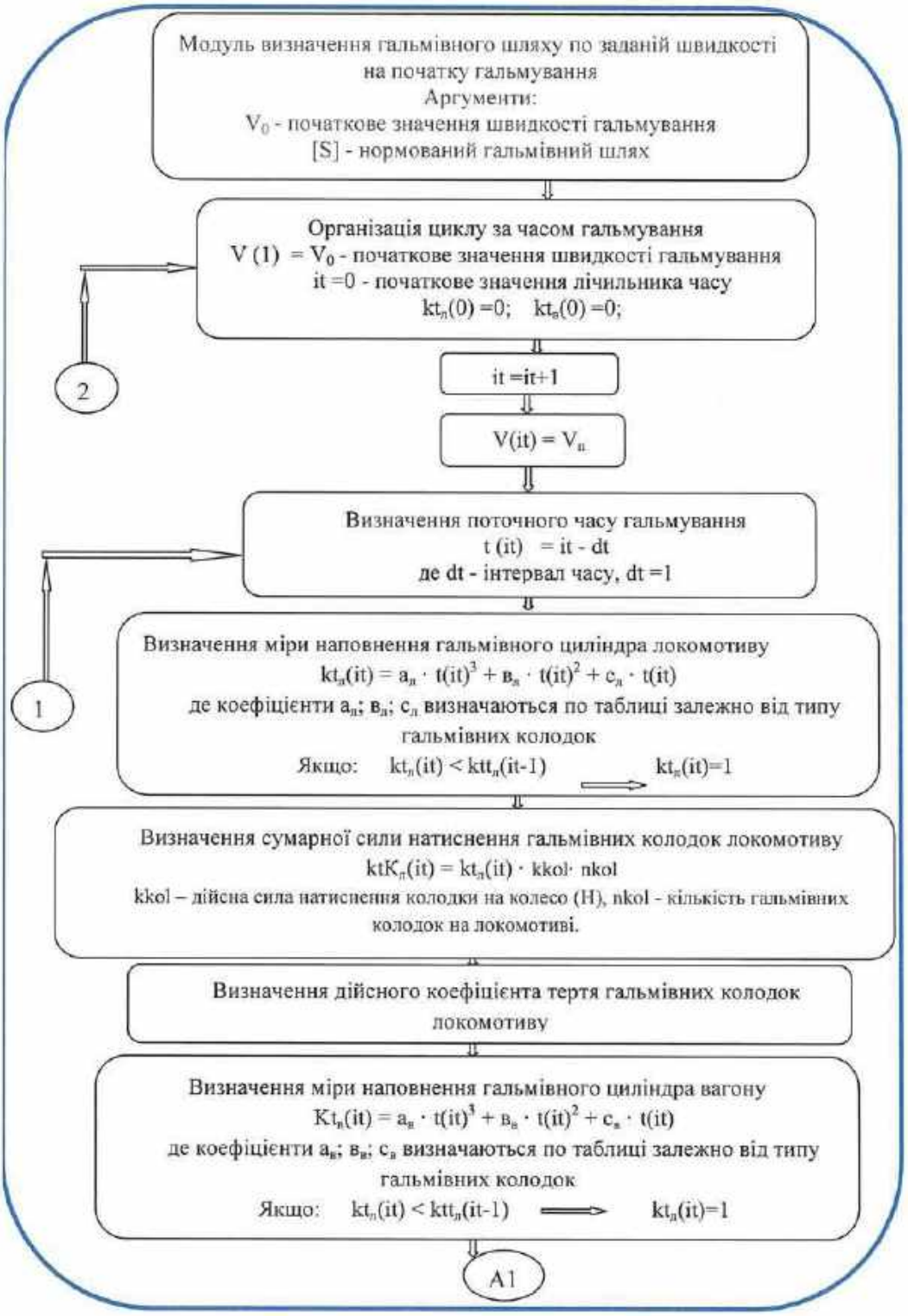
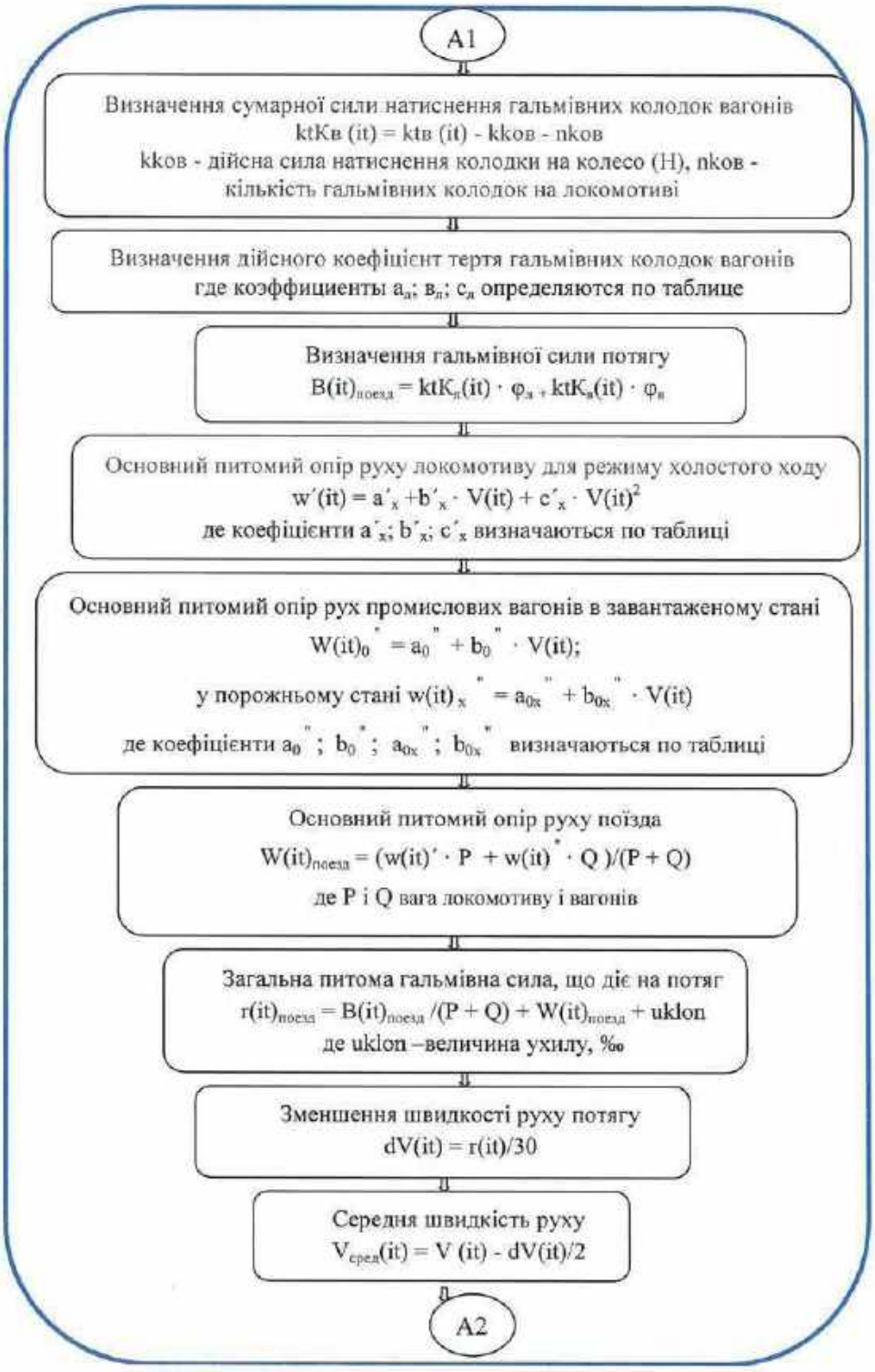
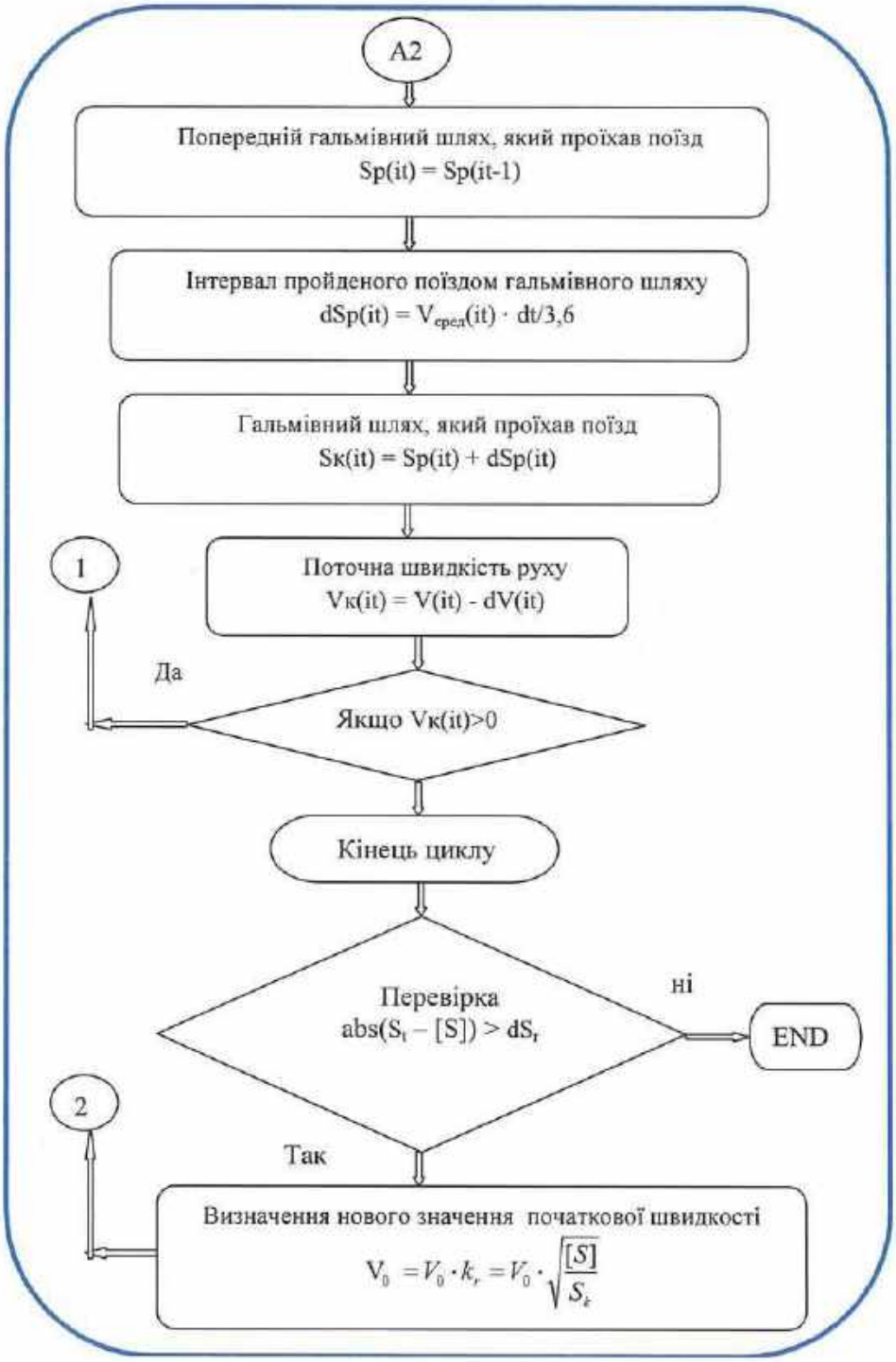


Рис. 4. **Алгоритм визначення гальмівного шляху поїзда за заданою швидкістю на початку гальмування**

Продовження рис. 4



Закінчення рис. 4



Висновки

1. Запропоновано алгоритм визначення максимальних допустимих швидкостей руху кар'єрних поїздів для заданого діапазону ухилів з використанням ітераційного процесу.

2. Розроблений програмний комплекс дозволяє повністю автоматизувати процес визначення гальмівної ефективності промислового залізничного транспорту, що в свою чергу, дозволить підвищити швидкість отримання результату та мінімізувати помилки під час виконання розрахунків.

ЛІТЕРАТУРА

1. P549/3. Методика расчета тормозов грузовых вагонов колеи 1520 мм. Варна, Республика Болгария: Организация сотрудничества железных дорог, 2005. 12 с.
2. № ЦВ-0011. Нормативи по гальмам, Київ, Транспорт України 1998. с. 18.
3. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. 319 с.
4. ЦВ-ЦЛ-0013. Інструкція з ремонту гальмівного обладнання вагонів. Київ: Транспорт України, 2005. с. 160 с .
5. ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015. Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України, Київ, Транспорт України 2002. с. 143.
6. ЦШ-0001. Інструкція з сигналізації на залізницях України. Київ: Транспорт України, 2008. с. 132.
7. В.Г. Иноземцев, П.Т.Гребенюк. Нормы и методы расчета автотормозов. Москва: «Транспорт», 1971. 57. с.
8. Правила технічної експлуатації залізниць України. Київ: Транспорт України, 2003. 133 с.
9. Гребенюк П., Долганов А., Скворцова А. Тяговые расчеты . М. «Транспорт», 1987. с. 272.
10. Гребенюк П. Правила тормозных расчетов. М: «Интекст», 2004. с. 112.
11. Казаринов В.М., В.Г. Иноземцев, В.Ф. Ясенцев Теоретические основы проектирования и эксплуатации автотормозов. М: «Транспорт», 1968. с. 399.
12. ГОСТ 34434-2018. Тормозные системы грузовых железнодорожных вагонов. Технические требования и правила расчета. [Действует с 30.10.2018]. М: Стандартинформ, 2018. 27 с. (Межгосударственные стандарты).
13. Методическое пособие. Актуализация правил тяговых расчетов на промышленном железнодорожном транспорте. Москва: ЗАО «ПРОМТРАНСНИИПРОЕКТ», 2016. 98 с.
14. Правила тяговых расчетов для промышленных электровозов и тяговых агрегатов постоянного тока. М: ЗАО «ПРОМТРАНСНИИПРОЕКТ, 1971-1977, 140 с.
15. Правила для поездной работы на общей сети железных дорог. М: «Транспорт», 1985. 223 с.

O.M. Safronov
State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-03-24
Yu.Ya. Vodiannikov
State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-20-43

O.G. Makeieva
State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-02-50
D.I. Yeskov
State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-13-24

ALGORITHM FOR DETERMINATION OF BRAKE EFFICIENCY OF INDUSTRIAL RAILWAY TRAINS

The main differences between the operating conditions of industrial railway transport from the main-line ones, which feature the performance of technological transportation, i.e., the transportation of goods within the local boundaries of enterprises (domestic technological transportation), and import (export) of goods to other modes of transport (external transportation).

Industrial railway transport plays an important role at mining enterprises, as the working conditions of these enterprises are not constant and getting continuously more complicated during the entire period of field development.

In this regard, one of the most important factors in ensuring the train safety is the braking efficiency. The calculation of the braking efficiency of a quarry train is performed according to special rules, and the parameters of the braking process that affect the braking distance are set by coefficients.

As an estimated characteristic of braking efficiency for industrial railway transport, the maximum speed is taken, at which the braking distance should be no more than 300 m, regardless of the magnitude of the slope of the railway track.

For the first time it is proposed to determine the allowable speed by the iterative method using a correction factor, the choice of which is due to the fact that the relationship between speed and braking distance is described by a quadratic function. The calculation showed that in five iterations the difference between the calculated and normative values of the braking distance of 0.01 m (1 cm) is achieved, which indicates the efficiency effect of the proposed determination procedure.

The software allows you to automatically perform calculated studies for a given range of values of the slopes.

The results of the train calculation in a specified range of slope values are given, as well as an analytical expression for determining the maximum speed for a given arbitrary slope value.

Key words: *allowable speed, braking distance, iterative process, correction factor, algorithm.*

REFERENCES

1. *R549/3. Mietodika raschieta tormozov hruzovykh vahonov kolei 1520 mm [R549/4. Calculation procedure for freight wagons brakes for track gauge 1520 mm].* (2005, November 10), p. 12 [in Russian]

2. *Yinstruktsia TsV-0011. Normatyvy po halmam. [TsV-0011. Instruction. Standards for brakes]*. (1997). Kyiv: Transport Ukrainy, p.19 [in Ukrainian]

3. *Normy dlia raschieta i proiektirovaniia vahonov zhielieznykh doroh MPS kolei 1520 mm (niesamokhodnykh) [Standards for the calculation and design of railway cars of the Ministry of Railways 1520 mm (non-self-propelled)]*. (1996). Moscow: HosNIIV – VNIIZhT, p. 319 [in Russian]

4. *TsV-TsL-0013 Instruktsiia z remontu halmivnoho obladnannia vahoniv [Instruction on repair of brake equipment of cars]*. (2005). Kyiv. p. 160 [in Ukrainian]

5. *Tst-TsV-TsL-0015. Instruktsiia z ekspluatatsii halm rukhomoho skladu na zaliznytsiakh Ukrainy [Instructions on the operation of rolling stock brakes on the railways of Ukraine]*. (2002). Kyiv: «Transport Ukrainy», p. 143 [in Ukrainian]

6. *TsSh-0001. Instruktsiia z syhnalizatsii na zaliznytsiakh Ukrainy [Instruction on signaling on the railways of Ukraine]*. (2008). Kyiv, p. 132 [in Ukrainian]

7. Inozemtsev V.G. & Grebenyuk P.T. (1971). *Normy i mietody raschieta avtotormozov. [Standards and methods for calculating railcar brakes]*. Moscow:"Transport", p. 57 [in Russian]

8. *Pravyla tekhnichnoi ekspluatatsii zaliznyts Ukrainy [Rules of technical operation of railways of Ukraine]*. (2003). Kyiv, p.133[in Ukrainian]

9 Hriebieniuk P., Dolhanov A. & Skvortsova A. (1987). *Tiahovyie raschiety [Traction calculations]*. Moscow: "Transport", p. 272 [in Russian]

10. Hrebeniuk P. (2004). *Pravyla tormoznykh raschietov [Rules of brake calculations]*. Moscow: "Intext", p. 112 [in Russian]

11. Kazarinov V.M., Inoziemtsiev V.G. & Yasentsev V.F. (1968). *Tieorietichieskiie osnovy proiektirovaniia i ekspluatatsii avtotormozov [Theoretical bases of design and operation of car brakes]*. "Transport", p. 399 [in Russian]

12.Tormoznyie systemy hruzovykh zhielieznodorozhnykh vahonov. Tiekhnichieskiie triebovaniia i pravila raschieta [Brake systems of freight railway cars. Technical requirements and calculation rules]. (2018). *HOST 34434-2018*. Moscow: Standardinform, p.32 [in Russian]

13. Mietodichieskoie posobiie. Aktualizatsiia pravil tiahovykh raschietov na promyshliennom zhieliezno-dorozhnom transporte [Guidance manual. Update of rules of traction calculations on industrial railway transport]. (2016). Moscow [in Russian]

14. *Pravila tiahovyh raschietov dlia promyshliennyh eliektrovozov i tiahovyh ahriehatov postoiannoho toka, razrabotannyie ZAO «PROMTRANSNIIPROEKT» [Rules of traction calculations for DC industrial electric locomotives and traction units developed by CJSC PROMTRANSNIIPROEKT* (1971-1977). p.223 [in Russian].

УДК 629.4-592.117:001.891.5 **DOI: 10.47675/2304-6309-2021-23-140-163**

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

КОНЦЕПЦИЯ ОЦЕНКИ ТОРМОЗНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РАЗРЕЗЕ ТРЕБОВАНИЙ ГОСТ 34434-2018

Предложена концепция экспериментальных исследования тормозной эффективности грузовых поездов, базирующаяся на компьютерном моделировании на основе реализации имитационной модели в виде дифференциального уравнения движения вагона при торможении. В основу методологии экспериментальных исследований положены универсальные формулы степенных зависимостей параметров торможения.

Оценка тормозной эффективности реализована в виде пакетов прикладных программ для ЭВМ, написанных на языке VBA (Visual Basic for Application) в среде Excel. Программный комплекс позволяет повысить автоматизацию проведения испытаний, точность вычислений, сократить время на проведение испытаний, а также свести к минимуму количество ошибок, вызванных человеческим фактором.

Представленная методология значительно расширяет количество параметров тормозного процесса, используемых для анализа тормозной эффективности грузового поезда по результатам ходовых тормозных испытаний: фактические значения тормозных коэффициентов; тормозные пути грузового поезда не только на площадке, но и на нормированных спусках для заданного количества вагонов в составе поезда с учетом нарастания тормозной силы по составу поезда; фактические значения коэффициентов сцепления колеса и рельса при торможении; замедление грузового вагона и поезда в процессе торможения, а также время торможения.

Приведены примеры расчетных и экспериментальных исследований грузового поезда с колодочным тормозом. Сравнительный анализ результатов экспериментальных и расчетных исследований свидетельствует об их достаточно удовлетворительном совпадении.

Ключевые слова: *грузовой поезд, тормозной путь, скорость, тормозной коэффициент, нарастание тормозной силы, математическая модель, линия тренда, тормозная волна.*

© Сафронов О.М., 2021

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

КОНЦЕПЦІЯ ОЦІНКИ ГАЛЬМІВНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У РОЗРІЗІ ВИМОГ ГОСТ 34434-2018

Запропоновано концепція експериментальних досліджень гальмівної ефективності вантажних поїздів, що базується на комп'ютерному моделюванні на основі реалізації імітаційної моделі у вигляді диференціального рівняння руху вагона при гальмуванні. В основу методології експериментальних досліджень покладені універсальні формули ступеневих залежностей параметрів гальмування.

Оцінка гальмівної ефективності реалізована у вигляді пакетів прикладних програм для ЕОМ, написаних на мові VBA (Visual Basic for Application) в середовищі Excel. Програмний комплекс дозволяє підвищити автоматизацію проведення випробувань, точність обчислень, скоротити час на проведення випробувань, а також звести до мінімуму кількість помилок, викликаних людським фактором.

Представлена методологія значно розширює кількість параметрів гальмівного процесу, що використовуються для аналізу гальмівної ефективності вантажного поїзда за результатами ходових гальмівних випробувань: фактичні значення гальмівних коефіцієнтів; гальмівні шляхи вантажного поїзда не тільки на площадці, а й на нормованих спусках для заданої кількості вагонів у складі поїзда з урахуванням наростання гальмівної сили за складом поїзда; фактичні значення коефіцієнтів зчеплення колеса і рейки при гальмуванні; сповільнення вантажного вагона і поїзда в процесі гальмування, а також час гальмування.

Наведені приклади розрахункових і експериментальних досліджень вантажного поїзда з колодковим гальмом. Порівняльний аналіз результатів експериментальних і розрахункових досліджень свідчить про їх досить задовільну збіжність.

Ключові слова: *вантажний поїзд, гальмівний шлях, швидкість, гальмівний коефіцієнт, наростання гальмівної сили, математична модель, лінія тренда, гальмівна хвиля.*

Железные дороги органично интегрированы в единую транспортную систему Украины. Во взаимодействии с другими видами транспорта они удовлетворяют потребности населения, экономики и государства в перевозках. С учетом значимости железнодорожного транспорта на рынке транспортных услуг, он должен отвечать самым высоким требованиям опережающего развития на

инновационной основе. Успешное внедрение инноваций и обеспечение эффективного инновационного развития требует улучшений в сфере создания новых транспортных продуктов, совершенствования процессов управления, направленных на открытие новых возможностей для роста эффективности Украинских железных дорог.

Поэтому дальнейшее развитие железнодорожного транспорта предусматривает перевозку различных грузов в грузовых поездах со скоростями до 160 км/ч, а в перспективе до 200 км/ч, с одновременным возрастанием осевой нагрузки грузовых вагонов до 30 тс (т.е. на 28%). Использование инновационных грузовых вагонов потребовало пересмотра требований к тормозному оборудованию, а также показателям тормозной эффективности, изложенные в ГОСТ 34434-2018 [1].

С этим связано повышение требований к методам оценки тормозной эффективности грузовых поездов и более глубокого анализа тормозных характеристик.

Такие исследования невозможно провести без проверки конструкторских и технических решений на конкретном вагоне в условиях экстренных торможений при различных скоростях движения. Кроме того, определение эффективности тормозной системы является одним из основных видов специальных поездных испытаний опытных вагонов.

Анализ показал, что параметры, которые регламентируют тормозную эффективность грузовых вагонов по требованиям [1], существенно отличаются от ранее принятых [2 - 6].

Основные отличия заключаются:

1. В регламентировании максимальных допустимых тормозных путей грузового поезда на площадке в зависимости от скорости в начале торможения при скоростях: 90 км/ч, 100 км/ч, 120 км/ч, 140 км/ч, 140 км/ч, 160 км/ч независимо от осевой нагрузки.

2. В регламентировании минимальных расчетных коэффициентов сил нажатия композиционных колодок в зависимости от скорости в начале торможения в диапазонах: (> 0 км/ч ···= 90 км/ч); (> 90 км/ч ···= 100 км/ч); (> 100 км/ч ···= = 120 км/ч); (> 120км/ч ···= 140 км/ч); (> 140 км/ч ··· = 160 км/ч) независимо от осевой нагрузки.

3. В регламентировании минимальных допустимых сил нажатия композиционных колодок на ось в пересчете на чугунные колодки для груженых и порожних вагонов в зависимости от осевой нагрузки в принятом диапазоне скоростей.

4. В методике расчета тормозного пути грузового поезда по действительным силам нажатия колодок и действительным коэффициентам трения с учетом времени нарастания тормозной силы при торможении.

Как правило, исследования тормозных систем единиц подвижного состава состоят из двух этапов – на первом этапе осуществляется проверка функционирования тормозной системы в стационарных условиях, на втором – ходовые тормозные испытания. В процессе проведения стационарных и поездных тормозных испытаний оценивается техническое состояние и функционирование тормоза, определяются основные характеристики тормозной системы, а также тормозная эффективность вагона.

Наиболее важным этапом являются ходовые тормозные испытания, в результате которых получают окончательную информацию о тормозной эффективности единицы подвижного состава.

Ходовые испытания проводят в опытном сцепе с ведущим локомотивом, вагоном-лабораторией и опытным вагоном. Длина тормозного пути определяется тремя способами [8]:

➢ методом бросания, при котором непосредственно определяют расстояние (тормозной путь), пройденное единицей железнодорожного подвижного состава от момента срабатывания тормоза до полной остановки;

➢ методом последовательных торможений, при котором тормозной путь единицы железнодорожного подвижного состава определяют расчетным способом по результатам измерений тормозных путей опытного сцепа с испытываемой единицей железнодорожного подвижного состава и без нее;

➢ методом непосредственных торможений, при котором функции ведущего локомотива и вагона лаборатории должны быть возложены на испытываемую единицу железнодорожного подвижного состава.

Согласно методике испытаний [8], тормозной путь одиночного вагона $S_{ТО}$, м для заданной скорости на горизонтальном участке пути вычисляется по формуле:

$$S_{TO} = \frac{(1+\gamma)\cdot V_0^2 \cdot S_{Tн}}{(1+\gamma)\cdot V_н^2 - 2\cdot g\cdot i\cdot S_{Tн}} \qquad (1)$$

где $S_{Тн}$ - измеренный тормозной путь, м;

V_0- заданная скорость начала торможения, м/с:

$V_н$ - фактическая скорость торможения, м/с;

g - ускорение свободного падения, м/с^2;

γ - безразмерный коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс.

тормозной путь одиночного вагона;

i - средний уклон пути на участке торможения (минус — спуск, плюс — подъем), ‰, определяется по формуле [8]:

$$i_c = \frac{i_1\cdot S_1 + i_1\cdot S_1 + \cdots + i_n\cdot S_n}{S_c} \qquad (2)$$

где S_n - длина участка железнодорожного пути с постоянным профилем, входящая в измеренный тормозной путь, м;

S_c - суммарная длина участков железнодорожного пути, составляющая общий измеренный тормозной путь, м:

i_n - уклон пути каждого из участков пути с постоянным профилем, входящих в измеренный тормозной путь (имеет отрицательное значение для спуска и положительное для подъема), ‰.

Тормозной путь $S_{Д0}$, м, приведенный к максимально допустимой массе единицы подвижного состава и к минимально допустимому давлению в тормозных цилиндрах для соответствующего режима торможения, определяется по формуле [8]:

$$S_{ДО} = S_{ТО} \cdot \frac{P_{мин}}{P_0} \cdot \frac{M_0}{M_{мах}} \quad (3)$$

где P_0 - давление в тормозном цилиндре во время испытаний, МПа;

$P_{мин}$ - минимально допустимое давление для соответствующего режима торможения, МПа;

M_0 - масса единицы подвижного состава во время испытаний, т;

$M_{мах}$ - максимально допустимая масса единицы подвижного состава в соответствии с конструкторской документацией, т.

Для грузовых и пассажирских вагонов тормозной путь поезда $S_П$ (м), определяется с помощью формулы [8]:

$$S_П = t_П \cdot V_0 + S_{ДО} \quad (4)$$

где $t_п$ - время подготовки тормозов к действию, с;

V_0 – скорость в начале торможения, км/ч.

Расчетные коэффициенты силы нажатия тормозных колодок в зависимости от тормозного пути определяются по номограммам или таблицам, полученные расчетным путем [3-6]. Следует отметить, что расчетные силы нажатия и трения определены при среднестатистической силе нажатия колодок на колеса для вагонов при осевой нагрузке 23,5 тс [5]. Вместе с тем, тормозные пути грузового поезда по правилам [1] определяются по действительным силам нажатия и действительным коэффициентам трения при осевой нагрузке до 30 тс. Очевидно, использования существующих таблиц и номограмм для определения тормозного коэффициента будет некорректным.

Значение расчетного тормозного коэффициента чугунных колодок $\delta_{чуг}$ подбирают из уравнения (5) методом итерации или методом половинчатого деления [8].

$$S_{ДО} = (1+\gamma) \cdot \int_0^{V_{вог(0)}} \frac{V_{вог} \cdot dV}{\delta_{чуг} \cdot \varphi_{кр,чуг} + \frac{w_{ох}}{1000}} \quad (5)$$

где $V_{вог}$ - скорость вагона, км/ч;

$V_{вог(0)}$ - начальная скорость торможения, км/ч;

$\varphi_{кр,чуг}$ - расчетный коэффициент трения чугунных тормозных колодок;

$w_{ох}$ - основное удельное сопротивление движению единицы железнодорожного подвижного состава при холостом ходе, Н/т.

Значение расчетной силы нажатия чугунных колодок на ось единицы железнодорожного подвижного состава $K_{р,чуг}$, кН, определяется по формуле [8]:

$$K_{р,чуг} = \frac{\delta_{чуг} \cdot M_{мах}}{m} \quad (6)$$

где $\delta_{чуг}$ - расчетный коэффициент силы нажатия чугунных колодок. кН/т:

m - количество тормозных осей на единице железнодорожного подвижного состава.

В общем случае задачи исследования тормозных систем подвижного состава состоят в определении таких параметров как:

- изменение давлений в тормозных приборах, в также их временные характеристики при торможении и отпуске;
- фактические силы нажатия колодок на колеса при торможении;
- фактические расчетные тормозные коэффициенты (удельные тормозные силы), реализуемые тормозной системой при торможении в заданном диапазоне скоростей;
- фактические силы трения колодок;
- фактические коэффициенты сцепления колеса и рельса;
- замедление (изменение скорости в единицу времени) вагона при торможении;
- величины тормозных путей вагона в заданном диапазоне скоростей в начале торможения;
- величины тормозных путей одиночного вагона в пересчете на поезд на площадке и нормированных спусках;
- время торможения поезда;
- замедление движения поезда при торможении.

Изложенная методика [8] не в полной мере соответствует современным требованиям, так как большинство из указанных параметров не могут быть определены в процессе экспериментальных исследований, так как их получение связано со значительными техническими трудностями, а также с материальными затратами. Очевидно, в данном случае требуется иная концепция для решения указанной задачи, основанный на применении математических методов обработки и анализа опытных данных, в том числе установлению эмпирических зависимостей, аппроксимации связей между варьируемыми характеристиками, установлению критериев и доверительных интервалов. Такие исследования невозможно провести без применения компьютерного моделирования.

Концепция строится на формализации технических задач и применении ЭВМ, что многократно ускоряет типовые, массовые расчеты, повышает точность и сокращает трудоемкость, позволяет проводить многовариантные конструкционные обоснования сложных систем, недоступные при применении «ручной» технологии обработки данных.

Важное значение приобретает автоматизация проведения испытаний, которая позволяет свести к минимуму количество ошибок, вызванных человеческим фактором, повысить точность вычислений и сократить время на проведение испытаний.

Для автоматизации управления процессом ходовых испытаний, вагон-лаборатория оборудуется специальными приборами и устройствами:

- Двумя пневмоцилиндрами, один из которых служит для расцепа автосцепок опытного вагона и вагона-лаборатории, другой – для перекрытия концевого крана тормозной магистрали вагона-лаборатории;
- Электропневмоклапанами, которые служат для управления пневмоцилиндрами;
- Концевыми выключателями;

- Датчиком числа оборотов колеса;
- Датчиком давления в тормозной магистрали;
- Усилителями;
- Пультом управления, который имеет табло с контрольными приборами и две кнопки: одна для расцепа автосцепок, другая для возвращения штока пневмоцилиндра в исходное положение (для сцепа автосцепок), на табло имеется две сигнальные лампочки – зеленая и красная, зеленая лампочка загорается при расцепе автосцепок, красная лампочка - при перекрытии концевого крана;
- Аналоговым цифровым преобразователем (АЦП);
- ЭВМ - для записи числа оборотов, скорости, давления в тормозной магистрали и других сигналов, а также их преобразования в необходимый формат для дальнейшей обработки с привлечением программных средств.

Для регистрации и обработки сигналов тормозного процесса используется, разработанный в ГП Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения (УкрНИИВ), программный комплекс "DynamicBrake", позволяющей в реальном режиме времени записывать различные по физической природе параметры (рис. 1) [11, 12].

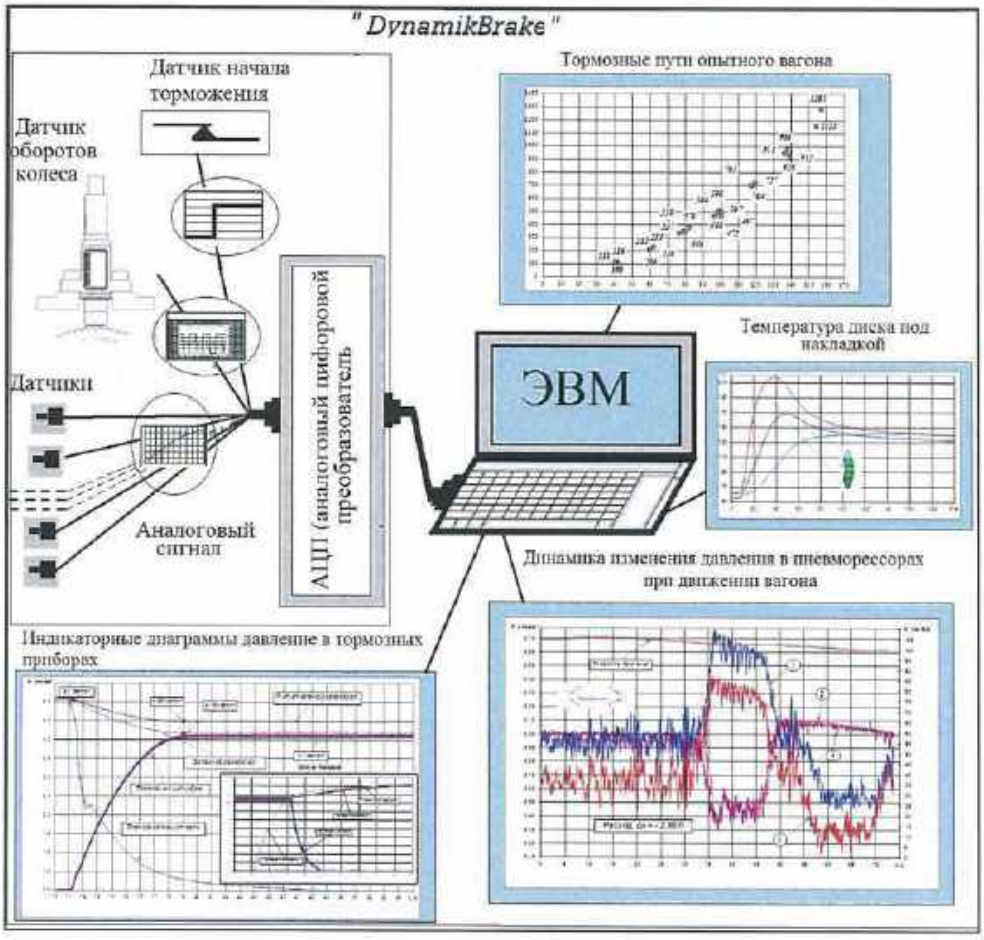


Рис. 1. **Многофункциональный аппаратно-программный комплекс**

Опыт показывает, что с увеличением случайных факторов, влияющих на проводимый эксперимент, возрастает расхождения значений, получаемых при измерениях. Это ведет к необходимости повторных измерений. Установление потребного минимального количества измерений имеет большое значение, поскольку дает возможность получения наиболее объективных результатов при минимальных затратах времени и средств. Поэтому в предлагаемой концепции исследования тормозной эффективности единиц подвижного состава железных дорог нашли широкое применение статистические методы [11].

С учетом вышеизложенного и решения поставленных задач, разработана структурная схема исследований тормозной эффективности единиц подвижного состава (табл.1).

Таблица 1. - **Структурная схема исследований тормозной эффективности единиц подвижного состава**

В основу исследования положены ходовые тормозные испытания грузовых вагонов методом бросания (рис. 2).

Рис. 2. **Метод бросания**

Исследования проводятся в диапазоне скоростей от 40 км/ч до максимальной с шагом (10-20) км/ч. Для каждой заданной скорости выполняется не менее трех торможений. По измеренному массиву значений тормозных путей определяются коэффициенты уравнения линии тренда.

Накопленный опыт ходовых тормозных испытаний единиц подвижного состава железных дорог свидетельствует, что модель тормозного пути может быть представлена полиноминальной зависимостью второй степени от скорости в начале торможения [11]:

$$S = \sum_{k=1}^{2} a_k \cdot V^2 \quad , \qquad (7)$$

где S - тормозной путь;

V - скорость в начале торможения;

m- порядок (число членов) степенного ряда;

a_k - коэффициенты ряда определяются по формулам;

Продовження таб. 1

Коэффициенты линии тренда измеренных тормозных путей определяются статистическим методом максимального правдоподобия [13, 14].

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_i V_i \sum_{i=1}^{n} V_i^4 - \sum_{i=1}^{n} S_i V_i^2 \sum_{i=1}^{n} V_i^3}{\sum_{i=1}^{n} V_i^4 \sum_{i}^{n} V_i^2 - (\sum_{i=1}^{n} V_i^3)^2}; \qquad a_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_i V_i^2 \sum_{i=1}^{n} V_i^2 - \sum_{i=1}^{n} S_i V_i \sum_{i=1}^{n} V_i^3}{\sum_{i=1}^{n} V_i^4 \sum_{i}^{n} V_i^2 - (\sum_{i=1}^{n} V_i^3)^2}, \tag{8}$$

где V_i и S_i - скорости в начале торможения и соответствующие им тормозные пути, полученные в результате тормозных испытаний.

Коэффициент детерминации R^2, определяется по формуле [14]:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} (S_i - (a_2 \cdot V_i^2 + a_1 \cdot V_i))^2}{\sum_{i=1}^{n} S_i^2 - \frac{(\sum_{i}^{n} S_i)^2}{n}} \tag{9}$$

Если коэффициент детерминации меньше 0,95, то торможения опытного поезда продолжаются до тех пор, пока его величина не превысит 0,95.

Для определения тормозного коэффициента используется математическая степенная зависимость между тормозным коэффициентом и величиной тормозного пути:

действительный тормозной коэффициент - $\delta(V_0)_\partial = c \cdot S(V_0)^d$; (10)

тормозной путь - $S(V_0) = c \cdot \delta_\partial(V_0)^d$. (11)

где c и d – коэффициенты, определяемые статистическим методом;

V0 – скорость в начале торможения, км/ч.

Для каждой фиксированной скорости в начале торможения и заданного диапазона действительных коэффициентов сил нажатия колодок и соответствующих им тормозных путей формируется массив значений, представленный в таблице 2.

Таблица 2. - **Массив значений тормозных путей**

	Действительные коэффициенты силы нажатия колодок, кН/т														
V, км/ч	1,20	1,22	1,24	1,26	1,28	1,30	1,32	1,34	1,36	1,38	1,40	1,42	1,44	1,46	1,48
	Тормозные пути вагонов														
40	217	215	213	210	208	206	204	202	201	199	197	195	194	192	191
50	330	326	323	319	316	313	310	307	304	301	298	296	293	290	288
60	468	463	458	453	448	443	439	434	430	426	422	418	414	410	407
70	632	625	618	611	604	598	592	586	580	574	568	563	558	552	547
80	823	813	804	795	786	777	769	761	753	746	738	731	724	717	710
90	1040	1028	1016	1004	993	982	971	961	951	941	932	922	913	905	896
100	1284	1269	1254	1239	1225	1212	1198	1186	1173	1161	1149	1138	1126	1115	1105
110	1555	1536	1518	1500	1483	1467	1450	1435	1420	1405	1390	1376	1363	1349	1336
120	1852	1830	1808	1787	1767	1747	1727	1709	1690	1673	1655	1639	1622	1606	1591

Продовження таб.1

Определение массива значений в таблице 1 выполняется на основе реализации имитационной модели в виде дифференциального уравнения движения вагона при торможении как единой массы [5, 6, 11]:

$$\frac{d^2S}{dt^2} = -\zeta \cdot \left\{1000 \cdot \delta_\partial (p_ц = p_{ц,ном}) \cdot \varphi(V)_{тр,\partial} \cdot \beta(K_i / K_{\max}, t) + w_{ох}(V) + i_c\right\} \qquad (12)$$

где ζ - замедление поезда при действии удельной замедляющей силы;

δ_∂- действительный коэффициент силы нажатия тормозных колодок при максимальном давлении в тормозном цилиндре;

$\varphi_{тр,\partial}(V)$ - действительный коэффициент трения;

$\beta(K_i/K_{max}.t)$ - функция нарастания действительной силы нажатия тормозных колодок (накладок) на колеса (диски) в процессе торможения вагона, определяется при стационарных испытаниях (рис. 3);

i_c - величина уклона рельсового пути, ‰;

$w_{ох}$ - основное удельное сопротивление движению поезда.

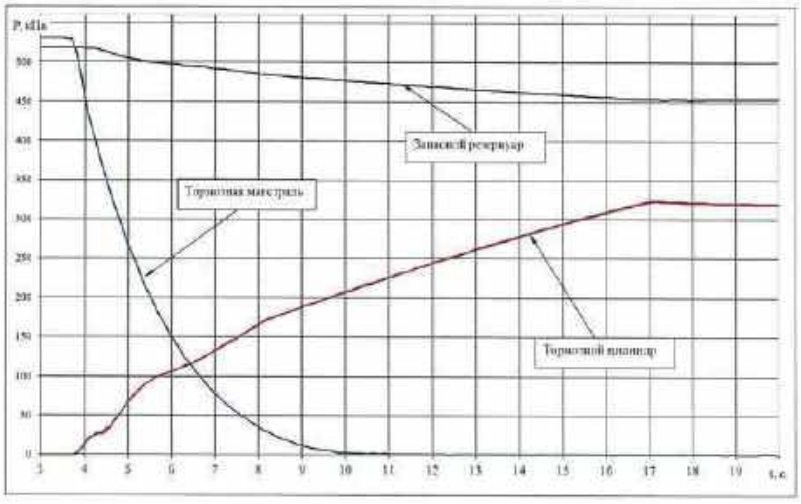


Рис. 3. **Диаграмма изменения давления в тормозных приборах вагона**

Дифференциальное уравнение (12) представляет обыкновенное дифференциальное уравнение и относится к классу задач Коши. Для решения дифференциального уравнения (12) используется метод Рунге-Кутты IV порядка [15, 16].

Коэффициенты c и d определяются статистическим методом с использованием массива данных таблицы 1 по формулам [11, 14]:

$$c(V_0) = \exp\left(\frac{\sum_{i=1}^{n}\ln(\delta_i)\cdot\sum_{i=1}^{n}(\ln(S_i))^2 - \sum_{i=1}^{n}\ln(S_i)\cdot\ln(\delta_i)\cdot\sum_{i=1}^{n}\ln(S_i)}{n\cdot\sum_{i=1}^{n}\ln(S_i)^2 - \sum_{i=1}^{n}(\ln(S_i))^2}\right) \qquad (13)$$

Продовження таб. 1

$$d(V_0) = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^{n} \ln(S_i) \cdot \ln(\delta_i) - \sum_{i=1}^{n} \ln(S_i) \cdot \sum_{i=1}^{n} \ln(\delta_i)}{n \cdot \sum_{i=1}^{n} \ln(S_i)^2 - \sum_{i=1}^{n} (\ln(S_i))^2} \quad (14)$$

Фактический действительный коэффициент силы нажатия тормозных колодок по результатам испытаний для заданной скорости V_0 определится по формуле:

$$\delta_{\partial\phi}(V_0) = c(V_0) \cdot (a_1 \cdot V_0 + a_2 \cdot V^2_0)^{d(V_0)}, \quad (15)$$

где a_1 и a_2 - коэффициенты уравнения линии тренда.

Формула (15) может быть представлена в упрощенном виде:

$$\delta_{\partial\phi}(V_0) = ln(c(V_0)) + d(V_0) \cdot ln((a_1 \cdot V_0 + a_2 \cdot V^2_0) \quad (16)$$

Полученные значения фактических действительных коэффициентов силы нажатия колодок на колеса корректируются на максимальную загрузку вагона и минимальное давление в тормозных цилиндров (3):

$$\delta_{Д}(V_0) = \delta_{Дф}(V_0) \cdot \frac{P_{мин}}{P_0} \cdot \frac{M_0}{M_{max}}, \quad (17)$$

где $P_{мин}$ – минимальное давление в тормозном цилиндре, установленное технической документацией;

P_0 – давление реализуемое в тормозном цилиндре при торможении;

M_0 – фактическая масса вагона;

M_{max} – максимальная масса вагона, установленная технической документацией.

Расчет тормозного пути грузового поезда выполняется по действительным коэффициентам (17) с учетом нарастания силы нажатия колодок вдоль поезда (рис. 3).

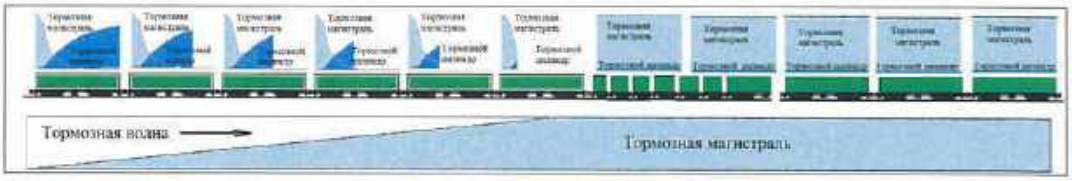


Рис. 3. **Процесс распространения тормозной волны грузового поезда**

Продовження таб. 1

Тормозная волна - процесс распространения понижения давления воздуха в ТМ при торможении от головы к хвосту поезда.

Скорость распространения тормозной волны представляет отношение длины тормозной магистрали поезда на время распространения тормозной волны. По международным требованиям скорость распространения тормозной волны должна быть не менее 250 м/с, в новейших тормозах она достигает 300 м/с.

Время нарастания тормозной силы в каждом вагоне будет происходить с запаздыванием обусловленным временем распространения тормозной волны до середины вагона.

Для однотипных вагонов время (t_i) распространения тормозной волны до середины i –го вагона определится по формуле [11, 17]:

$$t_i = \frac{(2 \cdot i - 1) \cdot L_{б,i}}{2 \cdot V_{тв}}, \qquad (18)$$

где $L_{б,i}$ - база *i*-го вагона по осям сцепления автосцепок;

i - порядковый номер вагона в составе поезда;

$V_{тв}$ - скорость распространения тормозной волны.

Динамика нарастания тормозной силы для поезда, с учетом скорости распространения тормозной волны, определится по формуле [11, 17]:

$$F_{поезд}(\delta\ (t)) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} \beta \left(K_i / K_{ном}, \left(t - \frac{(2 \cdot i - 1) \cdot L_{б,i}}{2 \cdot V_{тв}} \right) \right) \cdot \delta_{i,эксп}, \qquad (18)$$

В качестве примера на рис. 4 приведены диаграммы нарастания тормозной силы для одиночного вагона и грузового поезда.

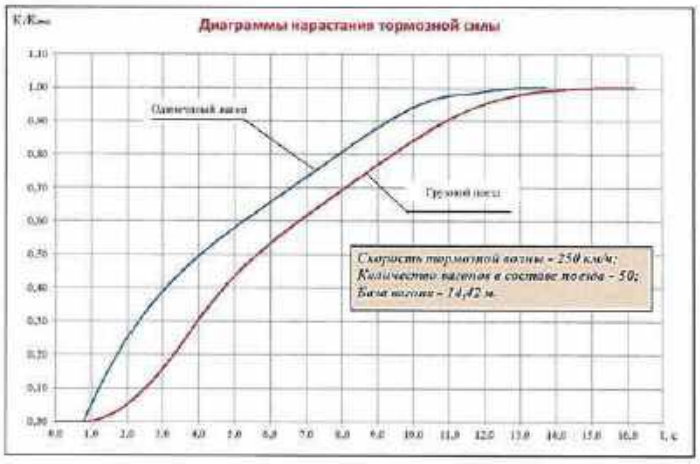


Рис. 4. **Диаграммы нарастания тормозной силы**

Закінчення таб. 1

Тормозные пути грузового поезда определяются путем решения дифференциального уравнения (12) с учетом нарастания тормозной силы для грузового поезда, действительных коэффициентов силы нажатия колодок на колеса и количества вагонов в составе поезда. Погрешность определения тормозных коэффициентов определяется путем сравнения тормозных путей по уравнению линии тренда и полученных на основании решения дифференциального уравнения (12) по экспериментальным значениям тормозных коэффициентов. Расчетные коэффициенты чугунных колодок определяются по аналогичной методике с учетом тормозных путей, полученных для композиционных колодок.

Для исследования тормозной эффективности грузовых поездов по вышеизложенному алгоритму и с учетом требований [1], был разработан пакет прикладных программ для ЭВМ "TestBrake", написанных на языке VBA (Visual Basic for Application). Результаты исследования выводятся в виде таблиц EXCEL.

В качестве примера, исследованиям тормозной эффективности подвергалась вагон-цистерна модели 15-7140 (рис. 5) в груженом и порожнем состояниях.

Рис.5. **Вагон-цистерна модели 15-7140**

Вагон-цистерна предназначена для перевозки растительных масел по всей сети железных дорог колеи 1520 мм. Тормоз – автоматический пневматический с раздельным торможением тележек. Конструкционная скорость 120 км/ч.

Масса тары, не более 26,7 т.

Исследования тормозной эффективности вагона в груженом состоянии

Фактическая масса груженного вагона (вес груза с тарой) составляла 908,21 кН (92,58 тс), среднее давление в тормозных цилиндрах при торможении - 330 кПа.

Измеренные значения тормозных путей, полученные при ходовых испытаниях методом бросания (см. рис. 2) представлены на рис. 6.

Исходные данные программы "TestBrake" представлены на рис. 7.

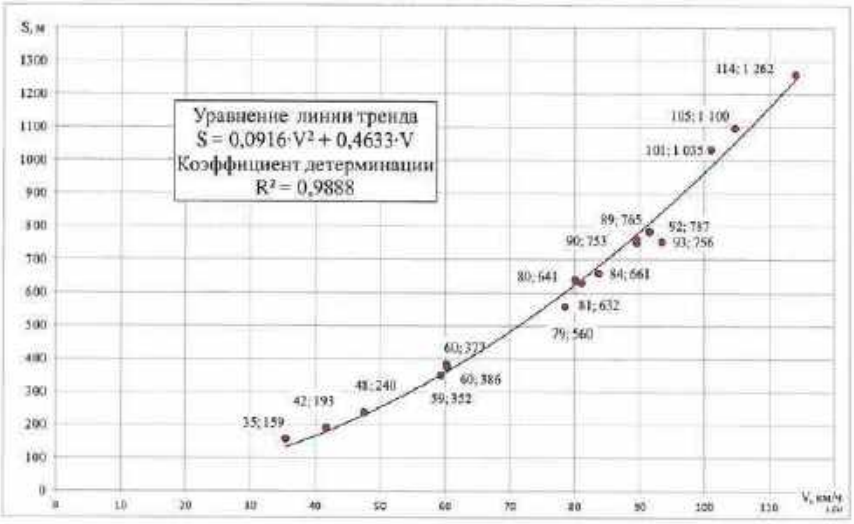


Рис. 6. **Массив измеренных значений тормозних путей** [18]

Входные данные для исследования

Наименование	Обозначение	Величина
модель вагона	15-7140	
Нормированное минимальное давление , кгс / см²	pdavo	3
Осевая нагрузка, тс	qo	23,5
Фактическая масса вагона, т	mfact	92,58
Фактическое давление в цилиндре, кгс/см²	pdav	3,3
Масса тары, т	mtara	25,28
Начальное время, с	t01	0
Начальная скорость, км/ч	vn	40
Конечная скорость, км/ч	vk	120
Шаг интервала времени торможения, с	shag	0,1
Шаг интервала скорости, км/ч	shag1	10
Начальное значение тормозного коэффициента, кН	udl	1,6
Шаг интервала тормозного коэффициента, кН	udsh	0,03
Число интервалов тормозного коэффициента	udk	50
Уклон пути, ‰	ii	0
Количество тормозных колодок на вагоне, шт	kolvo	8
Длина вагона по осям сцепления, м	lb	12,02
Скорость распространения тормозной волны, м/с	skortv	250
Количество вагонов в составе поезда, шт	kolv	70
нормированный уклон, ‰	ii1	-6
нормированный уклон, ‰	ii2	-10
Тип вагона	ttip	2

Примечание: Значение tip соответствует типам вагонов:
для tip = 1 - четырехосные полувагоны, крытые вагоны, платформы, думпкары,
для tip = 2 - четырехосные цистерны, хопперы

Кнопка запуска программы для определения характеристик тормозного процесса

Измеренные значения тормозных путей опытного вагона

груженый	
скорость, км/ч	путь, м
коэффициенты линии тренда	
a	в
0,091644384	*0,463255157*
83,60	661,00
93,40	756,00
78,50	560,00
89,50	753,00
59,30	352,00
89,40	765,00
81,00	632,00
91,50	787,00
60,20	386,00
104,70	1100,00
60,30	372,00
80,00	641,00
101,00	1035,00
35,40	159,00
114,10	1262,00

груженый вагон		
относительный коэффициент		
0	0	0
1	0,05	0
2	0,1	0
3	0,15	0
4	0,2	0
5	0,25	0
6	0,3	0
7	0,35	0
8	0,4	0
9	0,45	0
10	0,5	0
11	0,55	0
12	0,6	0
13	0,65	0
14	0,7	0
15	0,75	0
16	0,8	0
17	0,85	0
18	0,9	0
19	0,95	0

Рис. 7. **Данные для определения характеристик тормозного процесса грузового поезда в груженом состоянии**

С целью повышения точности, выбор начального значения и шага для действительного тормозного коэффициента является выполнение условия попадания измеренных тормозных путей в середину номограмм тормозных путей. Для контроля предусмотрен вывод номограмм на лист EXCEL (рис. 8) под названием «номограммы». Корректируется номограмма путем задания начального значения действительного коэффициента и величины интервала.

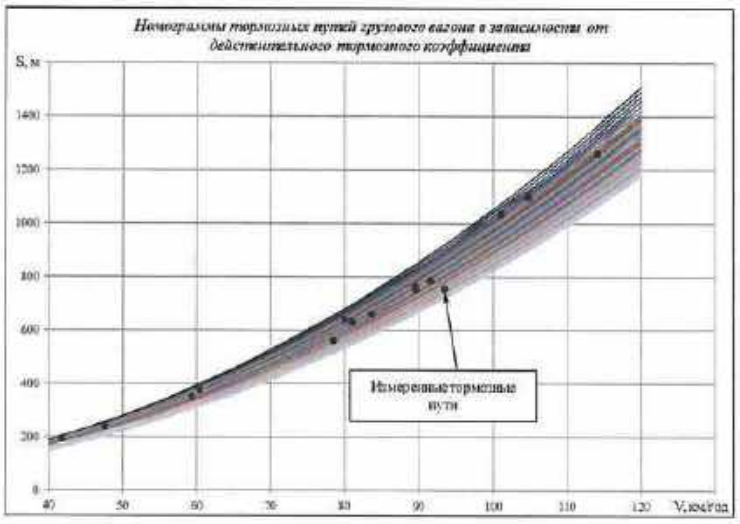


Рис. 8. **Номограммы тормозных путей вагона**

Результаты исследования приведены на рис.9.

Тормозная эффективность грузового вагона в груженом состоянии модель вагона 15-7410

Итоговая таблица измеренных характеристик отдельного вагона

V, км/ч	t, с	S, м	Коэффициенты силы нажатия колодок			Замедл., м/с²	Погреш., %
			действ. коэф	расч. комп	расч. чугун		
40	24,7	165	1,9427	0,1882	0,3975	0,450	0,021
50	30,9	252	1,8694	0,1817	0,4058	0,449	0,047
60	37,1	358	1,8345	0,1784	0,4166	0,449	0,084
70	43,3	481	1,8192	0,1769	0,4280	0,449	0,108
80	49,5	624	1,8144	0,1763	0,4392	0,449	0,119
90	55,8	784	1,8156	0,1762	0,4499	0,448	0,118
100	62,0	963	1,8195	0,1763	0,4600	0,448	0,131
110	68,3	1160	1,8247	0,1767	0,4693	0,447	0,156
120	74,5	1375	1,8310	0,1770	0,4779	0,447	0,166

Коэффициенты силы нажатия композиционных при максимальной нагрузке и минимальном давлении

V, км/ч	Коэффициенты силы нажатия колодок		
	действ. коэф	расч. комп	расч. чугун
40	1,7394	0,1685	0,3559
50	1,6737	0,1627	0,3633
60	1,6425	0,1598	0,3730
70	1,6288	0,1584	0,3832
80	1,6246	0,1578	0,3933
90	1,6256	0,1577	0,4028
100	1,6291	0,1579	0,4118
110	1,6338	0,1582	0,4202
120	1,6394	0,1585	0,4279

Расчетная сила нажатия колодок на ось в пересчете на чугунные колодки (тс)

8,36
8,54
8,76
9,01
9,24
9,47
9,68
9,87
10,05

Тормозные пути поезда (200 осей) на площадке и спусках

На площадке				На спуске 6 ‰				На спуске 10 ‰			
V, км/ч	t, с	S, м	Замедл., м/с²	V, км/ч	t, с	S, м	Замедл., м/с²	V, км/ч	t, с	S, м	Замедл., м/с²
40	29,8	199	-0,372	40	33,4	228	-0,331	40	36,4	252	-0,303
50	36,5	302	-0,379	50	41,3	348	-0,335	50	45,3	385	-0,306
60	43,3	426	-0,384	60	49,2	490	-0,338	60	54,1	544	-0,307
70	50,1	569	-0,387	70	57,1	656	-0,340	70	62,9	729	-0,308
80	56,9	732	-0,390	80	64,9	845	-0,341	80	71,7	941	-0,309
90	63,6	915	-0,392	90	72,8	1057	-0,343	90	80,5	1178	-0,310
100	70,4	1117	-0,394	100	80,7	1292	-0,344	100	89,3	1441	-0,310
110	77,2	1340	-0,395	110	88,5	1550	-0,345	110	98,2	1731	-0,311
120	84,0	1582	-0,396	120	96,4	1832	-0,345	120	107,0	2046	-0,311

Рис. 9. **Результаты исследования тормозной эффективности груженого поезда**

Закінчення рис. 9

Сравнительная таблица результатов исследования с требованиями ГОСТ 34434-2018

V, км/ч	до 90 км/ч включ.			св. 90 км/ч до 100 км/ч включ.			св. 100 км/ч до 120 км/ч включ.		
	ГОСТ	Исслед.	+/-	ГОСТ	Исслед.	+/-	ГОСТ	Исслед.	+/-
S, м	1060	915	+	1040	1117	-	1200	1582	-
δр	0,14	0,1577	+	0,18	0,1579	-	0,25	0,1585	-
Сила на ось, тс чугунных колодок	8	9,87	+	10,5	10,30	-	14,5	10,69	-

Допустимые значения тормозных путей на нормированых спусках [20]

V, км/ч	Спуск 6 ‰		
	А	Б	эксперим
80	800	1000	1057
90	1100	1300	1292
100	1200	1400	1550
	Спуск 10 ‰		
80	1000	1200	1178
90	1300	1500	1441

Исследования тормозной эффективности вагона в порожнем состоянии

Фактическая масса порожнего (тара) вагона - 253,1 кН (25,8 тс), среднее давление в тормозных цилиндрах при торможении - 140 кПа.

Измеренные значения тормозных путей приведены на рис.10.

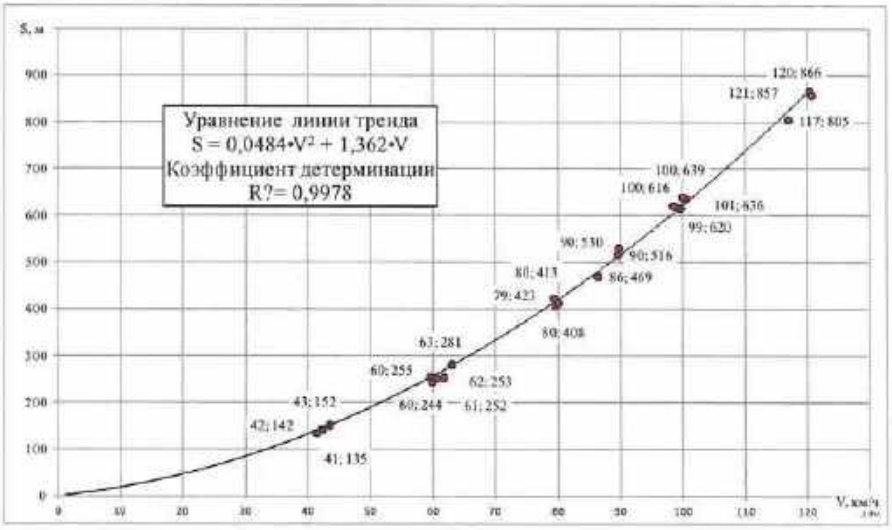


Рис. 10. **Массив значений измеренных тормозных путей** [18]

Массив входных данных для исследования тормозной эффективности вагона в порожнем состоянии приведен на рис. 11.

Входные данные для исследования

Наименование	Обозначение	Величина
модель вагона	15-7140	
Нормированное максимальное давление , кгс / см²	pdavo	1,6
Нормированное минимальное давление , кгс / см²	pdavo	1,2
Осевая нагрузка, тс	qo	6,32
Фактическая масса вагона, т	mfact	25,28
Фактическое давление в цилиндре, кгс/см²	pdav	1,4
Масса тары, т	mtara	25,28
Начальное время, с	t01	0
Начальная скорость, км/ч	vn	40
Конечная скорость, км/ч	vk	120
Шаг интервала времени торможения, с	shag	0,1
Шаг интервала скорости, км/ч	shagl	10
Начальное значение тормозного коэффициента	udl	2
Шаг интервала тормозного коэффициента	udsh	0,03
Число интервалов тормозного коэффициента	udk	40
Уклон пути, ‰	ii	0
Количество тормозных колодок на вагоне, шт	kolvp	8
Длина вагона по осям сцепления, м	lb	12,02
Скорость распространения тормозной волны, м/с	skortv	250
Количество вагонов в составе поезда, шт	kolv	50
нормированный уклон, ‰	iil	-6
нормированный уклон, ‰	ii2	-10
Тип вагона	ttip	2

Примечание: Значение ttip соответствует типам вагонов:
для ttip = 1 - четырехосные полувагоны, крытые вагоны, платформы, думпкар
для ttip = 2 - четырехосные цистерны, хопперы

Кнопка запуска программы для определения характеристик тормозного процесса

Измеренные значения тормозных путей опытного вагона

порожний	
скорость, км/ч	путь, м
коэффициенты линии тренда	
a	n
0,048419069	1,362553239
63,00	281,00
86,40	469,00
79,60	408,00
100,50	636,00
43,40	152,00
120,40	866,00
42,20	142,00
120,80	857,00
41,30	135,00
99,90	639,00
59,80	244,00
79,30	423,00
80,00	413,00
98,50	620,00
59,50	255,00
89,70	530,00

порожний вагон		
относительный коэффициент		
0	0	0
1	0,05	0
2	0,1	0
3	0,15	0
4	0,2	0
5	0,25	0
6	0,3	0
7	0,35	0
8	0,4	0
9	0,45	0
10	0,5	0,1304606
11	0,55	0,1434206
12	0,6	0,156356
13	0,65	0,1692647
14	0,7	0,1821444
15	0,75	0,1949929
16	0,8	0,2078081
17	0,85	0,2205877
18	0,9	0,2333295
19	0,95	0,2460314
20	1	0,2586912

Рис. 11. **Данные для определения характеристик тормозного процесса грузового поезда в порожнем состоянии**

Результаты исследования приведены на рис. 12.

Тормозная эффективность грузового вагона в порожнем состоянии модель вагона 15-7410

Итоговая таблица измеренных характеристик отдельного вагона

V, км/ч	t, с	S, м	Коэффициенты силы нажатия колодок			Замедл., м/с²	Погреш., %
			действ. коэф	расч. комп	расч. чугун		
40	21,5	132	1,6202	0,1952	0,4053	0,5168	1,539
50	24,6	189	1,7897	0,2108	0,4628	0,5646	0,790
60	27,8	256	1,9226	0,2231	0,5127	0,5995	0,421
70	31,1	333	2,0314	0,2333	0,5566	0,6252	0,199
80	34,4	419	2,1216	0,2417	0,5958	0,6460	0,084
90	37,7	515	2,1974	0,2489	0,6310	0,6631	0,023
100	41,0	620	2,2624	0,2550	0,6628	0,6775	0,027
110	44,3	736	2,3174	0,2601	0,6918	0,6897	0,051
120	47,7	861	2,3642	0,2646	0,7181	0,6988	0,061

Проверка на ψ

V,км/ч	Ψ	Ψисл
40	1,1154	0,6192
50	1,0624	0,6570
60	1,0208	0,6820
70	0,9873	0,6992
80	0,9597	0,7112
90	0,9366	0,7196
100	0,9169	0,7255
110	0,9000	0,7293
120	0,8853	0,7314

Коэффициенты силы нажатия композиционных колодок при минимальном давлении

V,км/ч	Коэффициенты силы нажатия колодок		
	действ. коэф	расч. комп	расч. чугун
40	1,3888	0,1673	0,3474
50	1,5340	0,1807	0,3967
60	1,6480	0,1913	0,4395
70	1,7412	0,1999	0,4771
80	1,8185	0,2072	0,5107
90	1,8835	0,2133	0,5409
100	1,9392	0,2185	0,5681
110	1,9864	0,2230	0,5930
120	2,0265	0,2268	0,6155

Коэффициенты силы нажатия композиционных колодок при максимальном давлении

V,км/ч	Коэффициенты силы нажатия колодок		
	действ. коэф	расч. комп.	расч. чугун
40	1,8517	0,2230	0,4632
50	2,0453	0,2409	0,5290
60	2,1973	0,2550	0,5859
70	2,3216	0,2666	0,6361
80	2,4246	0,2762	0,6809
90	2,5114	0,2844	0,7212
100	2,5855	0,2914	0,7575
110	2,6485	0,2973	0,7907
120	2,7020	0,3024	0,8206

Расчетная сила нажатия колодок на ось в пересчете на чугунные колодки (тс)

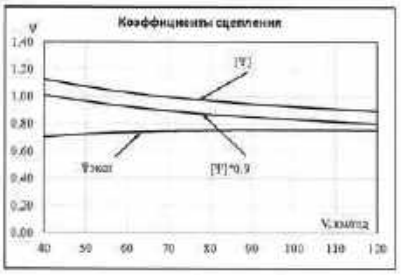
2,241
2,559
2,835
3,077
3,294
3,489
3,664
3,825
3,970

Рис. 12. **Результаты исследования тормозной эффективности грузового поезда в порожнем состоянии**

Закінчення рис. 12

Тормозные пути поезда (200 осей) на площадке

На площадке			
V, км/ч	t, c	S, м	Замедл., м/с²
40	26,7	172	-0,414
50	30,8	242	-0,456
60	34,0	323	-0,489
70	37,6	416	-0,515
80	41,4	519	-0,536
90	45,1	633	-0,553
100	48,8	757	-0,567
110	52,6	892	-0,580
120	56,4	1038	-0,590



Сравнительная таблица результатов исследования с требованиями ГОСТ 34434-2018

V, км/ч	до 90 км/ч включ.			св. 90 км/ч до 100 км/ч включ.			св. 100 км/ч до 120 км/ч включ.		
	ГОСТ	Исслед.	+\-	ГОСТ	Исслед.	+\-	ГОСТ	Исслед.	+\-
S, м	720	633	+	890	757	+	1200	1038	+
бр	0,22	0,213	-	0,22	0,219	-	0,25	0,227	-
Сила на ось, тс чугунных колодок	3,5	3,572	+	3,5	3,738	+	4,5	4,015	-

Для сравнительного анализа результатов исследования были выполнены расчеты грузового поезда в диапазоне скоростей (90-120) км/ч по методике ГОСТ 34434-2018 [1]. Пример результатов расчета для скорости 120 км/ч приведен на рис. 13.

Исходные данные

Модель вагона	15-7410
интервальный шаг времени торможения	1
Начальная скорость для груженого поезда, км/ч	120
Начальная скорость для порожнего поезда, км/ч	120
Параметры вагона	
Масса тары вагона, т	25,8
Масса груза, т	68,2
Число тормозных колодок на вагоне	8
Число тормозных колодок колесной паре	2
Число тормозных цилиндров	2
Параметры тормозного цилиндра	
Диаметр поршня, м	0,254
Жесткость пружины, кН/м	2,300
Усилие предварительного сжатия пружины, кН	0,883
КПД тормозного цилиндра	0,980
Композиционные колодки	
давление в тормозном цилиндре, кПа груженый	300
порожний	120
Передаточное отношение рычажной передачи	5,870
Выход штока тормозного цилиндра, м - груженый	0,065
порожний	0,065

Тормозной расчет по ГОСТ 34434-2018

Результаты расчета

Вычисленные по новым правилам	Композиционные	
	Порожний	Груженый
Усилие сжатия отпускной пружины тц, кН	1,033	1,033
Усилие пружины авторегулятора, кН	0,513	0,513
Действительная сила нажатия на колодку, кН	6,153	18,614
Расчетная сила нажатия на колодку, кН	6,879	18,024
Расчетный тормозной коэффициент, тс/т	0,217	0,156
Действительный тормозной коэффициент, кН/т	1,908	1,584
Приведенный тормозной коэффициент, тс/т	0,194	0,161
Осевая нагрузка, тс	6,45	23,50
Гальмівна ефективність		
Скорость в начале торможения, км/ч	120	120
Тормозной путь, м	1182,9	1604,2
Расчетный коэффициент чугунных колодок	0,592	0,430
Тормозной путь при чугунных колодках, м	1183,1	1603,9
Сила нажатия композиционных колодок на ось в пересчете на чугунные	3,82	10,12

Для справки

Тормозной путь груженого поезда при расчетном коэффициенте 0,157	1623,9

Рис. 13. **Результаты расчет вагона цистерны модели 15-7410**

Закінчення рис. 13

Параметры авторегулятора	
Усилие предварительного сжатия, кН	0,883
Жесткость пружины, кН/м	20,8
Величина сжатия при торможении, м	0,010
Передаточное отношение (композиционные колодки)	0,470
Передаточное отношение (чугунные колодки)	0,560
КПД рычажной передачи	0,950

Кнопка пересчета на чугунные колодки в груженом состоянии поезда

Кнопка пересчета на чугунные колодки в порожнем состоянии поезда

Результаты сопоставления экспериментальных и расчетных исследований показали, что наилучшая сходимость приходится на груженый режим торможения грузового поезда (табл. 2).

Таблица 2. - **Характеристики тормозного процесса, полученные экспериментальными и расчетными исследованиями**

V, км/ч	Груженый режим			Порожний режим		
1	2	3	4	5	6	7
Тормозные пути грузового поезда, м						
V, км/ч	$S_{эксп}$	$S_{расч}$	Δ, %	$S_{эксп}$	$S_{расч}$	Δ, %
90	922	917	0,54%	633	703	11,15%
100	1128	1120	0,70%	757	850	12,26%
110	1355	1342	0,95%	892	1010	13,17%
120	1604	1585	1,20%	1038	1183	13,92%
Расчетные тормозные коэффициенты композиционных колодок						
V, км/ч	$\delta_{р,эксп}$	$\delta_{р,расч}$	Δ, %	$\delta_{р,эксп}$	$\delta_{р,расч}$	Δ, %

Конец таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
90	0,1577	0,1564	0,87%	0,2133	0,2174	1,94%
100	0,1579	0,1564	0,97%	0,2185	0,2174	0,50%
110	0,1582	0,1564	1,14%	0,2230	0,2174	2,48%
120	0,1585	0,1564	1,36%	0,2268	0,2174	4,11%
Расчетные тормозные коэффициенты чугунных колодок						
V, км/ч	$\delta_{ч,эксп}$	$\delta_{ч,расч}$	Δ, %	$\delta_{ч,эксп}$	$\delta_{ч,расч}$	Δ, %
90	0,4028	0,4305	6,86%	0,5409	0,5922	9,49%
100	0,4118	0,4305	4,53%	0,5681	0,5922	4,24%
110	0,4202	0,4305	2,45%	0,5930	0,5922	0,14%
120	0,4279	0,4305	0,62%	0,6155	0,5922	3,78%
Сила нажатия композиционных колодок на ось в пересчете на чугунные, тс						
V, км/ч	$K_{ч,эксп}$	$K_{ч,расч}$	Δ, %	$K_{ч,эксп}$	$K_{ч,расч}$	Δ, %
90	9,47	9,97	5,32%	3,49	3,77	8,07%
100	9,68	9,82	1,47%	3,66	3,70	0,97%
110	9,87	9,63	2,48%	3,82	3,63	5,09%
120	10,05	10,12	0,65%	3,97	3,82	3,78%

Анализ показал удовлетворительное совпадения результатов экспериментальных и расчетных исследований (табл. 3):

Таблица 3. - **Сопоставление результатов экспериментальных и расчетных исследований**

Наименование параметра	Груженый поезд	Порожний поезд
Тормозные пути грузового поезда, м	0,54 % - 1,2 %	11,15 % - 13,92 %
Расчетные тормозные коэффициенты композиционных колодок	0,87 % - 1,36 %	0,5 % - 4,11 %
Расчетные тормозные коэффициенты чугунных колодок	0,62 % - 6,86 %	0,14 % - 9,49 %
Сила нажатия композиционных колодок на ось в пересчете на чугунные, тс	0,65 % - 5,32 %	3,78 % - 8,07 %

Наибольшие расхождения тормозных характеристик для порожнего поезда, может быть обусловлено тем, что при расчете тормозного пути порожнего поезда использовалось нарастание тормозной силы аналогично груженому поезду.

Расчетные коэффициенты силы нажатия композиционных колодок, полученные при стационарных испытаниях, пересчитывались на минимальные давления в тормозных цилиндрах [19] по формулам:

$$\text{для груженого вагона } \delta_{р,мин} = \delta_{р,стац} \cdot P_{мин}/P_{стац} = 169 \cdot 300/330 = 0{,}154$$

$$\text{для порожнего вагона } \delta_{р,мин} = \delta_{р,стац} \cdot P_{мин}/P_{стац} = 0{,}28 \cdot 120/150 = 0{,}224, \quad (19)$$

Различие значений расчетных коэффициентов композиционных колодок с результатами стационарных и ходовых тормозных испытаний не превысило 3 % для груженого поезда и 5 % для порожнего (табл. 4).

Таблица 4. - **Сопоставимый анализ расчетных тормозных коэффициентов композиционных колодок**

V, км/ч	Груженый режим			Порожний режим		
V, км/ч	$\delta_{р,экс}$	$\delta_{р,стац}$	Δ, %	$\delta_{р,экс}$	$\delta_{р,стац}$	Δ, %
90	0,1577	0,154	2,35%	0,2133	0,2240	5,01%
100	0,1579	0,154	2,47%	0,2185	0,2240	2,50%
110	0,1582	0,154	2,65%	0,2230	0,2240	0,46%
120	0,1585	0,154	2,84%	0,2268	0,2240	1,22%

ВЫВОДЫ

1 Тормозная эффективность вагона цистерны модели 15-7410 соответствует требованиям «Нормам…» [2] для максимальной скорости 120 км/ч (табл. 5);

Таблица 5. - **Критерии тормозной эффективности**

Тормозные коэффициенты силы нажатия			
Режимы воздухораспределителя по загрузке вагона	Величина $[\delta_p]$	Величина δ_p	Сравнение
Средний	0,14	0,1585	$\delta_p > [\delta_p]$
Порожний	0,22	0,2268	$\delta_p > [\delta_p]$
Сила нажатия композиционных колодок на ось в пересчете на чугунные			
Режимы воздухораспределителя по загрузке вагона	Величина $[K_ч]$	Величина $K_ч$	Сравнение
Средний	7,0	10,05	$K_ч > [K_ч]$
Порожний	3,5	3,97	$K_ч > [K_ч]$

2 Тормозная эффективность вагона цистерны модели 15-7410 соответствует требованиям ГОСТ 34434-2018 [1] только для скорости 90 км/ч в груженом состоянии;

3 Для порожнего вагона при скорости 90 км/ч расчетный тормозной коэффициент меньше допустимого значения на 3,14 %, при скорости 100 км/ч меньше на 2,5 %, при скорости 120 км/ч меньше на 1,22 %;

4 Для порожнего вагона требуется увеличение минимального давления в тормозных цилиндрах с 120 кПа до 130 кПа.

5 Представленная концепция значительно расширяет количество параметров тормозного процесса, используемых для анализа тормозной эффективности грузовых поездов по результатам экспериментальных тормозных исследований:

6 Сравнительный анализ результатов экспериментальных и расчетных исследований свидетельствует об их достаточно удовлетворительном совпадении.

7 Программный комплекс позволяет повысить автоматизацию проведения испытаний, точность вычислений, сократить время на проведение испытаний, а также свести к минимуму количество ошибок, вызванных человеческим фактором;

8 Изложенная концепция оценки тормозной эффективности вагонов может найти широкое применение для тормозных систем подвижного состава различного назначения, при этом повысить точность обработки данных и увеличить перечень определяемых показателей, для обеспечения выполнения требований безопасности на вновь проектируемом подвижном составе.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 34434-2018. Тормозные системы грузовых железнодорожных вагонов. Технические требования и правила расчета. [Действует с 30.10.2018]. Москва: Стандартинформ, 2018. 27 с. (Межгосударственные стандарты).

2. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. 260 с.

3. ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015. Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України. Київ: Транспорт України, 2002. 143 с.

4. В.Г. Иноземцев, П.Т.Гребенюк. Нормы и методы расчета автотормозов. Москва: «Транспорт», 1971. 57 с.

5. Гребенюк П., Долганов А., Скворцова А. Тяговые расчеты. М. «Транспорт», 1987. 272 с.

6. Гребенюк П. Правила тормозных расчетов. М. «Интекст», 2004. 112 с.

7. ЦВ-ЦЛ-0013. Інструкція з ремонту гальмівного обладнання вагонів. Київ: Транспорт України, 2005. 160 с.

8. ГОСТ 33597-2015. Тормозные системы железнодорожного подвижного состава. Методы испытаний. [Действует с 27.10.2015]. Москва: Стандартинформ, 2016. 28с. (Межгосударственный стандарт).

9. Водянников Ю.Я., Василенко В.С., Ольгард Л.С. Методология проведения поездных тормозных испытаний для определения тормозной эффективности единиц подвижного состава. // «Вагонный парк». 2014. № 02 (83). С.9-13.

10. Водянников Ю.Я., Сафронов А.М., Жихарцев К.Л. Методика экспериментального исследования тормозной эффективности и тормозных характеристик единиц подвижного. // Вагонный парк. 2008, № 3. С. 14-17.

11. Сафронов А. М., Водянников Ю.Я., Макеева Е.Г. Тормозная эффективность грузовых вагонов. Методология расчетных и экспериментальных исследований с использованием математических моделей и компьютерного моделирования: монография. Кременчуг: УкрНИИВ, 2018. 173 с.

12. Водянников Ю. Я., Василенко В.С. Программный комплекс для экспериментального исследования тормозных систем единиц подвижного состава железных дорог// «Рейковий рухомий склад». Збірник наукових праць ДП «УкрНДІВ», 2013. Вип. 9. С. 38-47.

13. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. М.: Наука, 1971. 576 с.

14. Гутер Р.С., Овчинский Б.В. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта. Изд. 2, перераб. 1970. 432 с.

15. Ибрагимов Н.Х. Практический курс дифференциальных уравнений и математического моделирования. Классические и новые методы. Нелинейные математические модели. Симметрия и принцип инвариантности. Преевод с англ. И. С. Емельяновой. Нижний Новгород: Издательство Нижегородского госуниверситета им. Н. И. Лобачевского, 2007. 421 с.

16. Копченова Н.В., Марон И.А. Вычислительная математика в примерах и задачах.М.: Из-во «Наука», 1972. 367 с.

17. Водянников Ю. Я., Свистун С.М., Макеева Е.Г. Методология пересчета тормозной эффективности одиночного вагона на тормозную эффективность поїзда. // «Залізничний транспорт». 2014. № 2. С. 27-37.

18. Протокол № 0033-2020 від 24 липня 2020 р. Попередніх випробувань вагона-цистерни моделі 15-7140 (поїзні гальмівні випробування). Кременчук: ДП «УкрНІВ», 2020. 18 с.

19. Протокол № 0029-2020 від 30 червня 2020 р. попередніх випробувань вагона-цистерни моделі 15-7140 (стаціонарні гальмівні випробування). Кременчук: ДП «УкрНІВ», 2020. 21 с.

20. ЦШ-0001. Інструкція з сигналізації на залізницях України.К.: Інпрес, 2008. 159 с.

O M. Safronov
State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-03-24

AN APPROACH TO EVALUATION OF FREIGHT TRAINS BRAKING EFFICIENCY BY THE RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES IN COMPLIANCE WITH HOST 34434-2018 REQUIREMENTS

The approach of experimental study of the freight trains braking efficiency using computer simulation based on the implementation of the simulation model in the form of a differential equation of the wagon motion during braking, is proposed. The methodology of experimental studies is based on universal formulas for power-law dependences of braking parameters.

The braking efficiency is evaluated by the use of computer software packages written in VBA (Visual Basic for Application) in Excel. The software package allows you to increase the automation of testing, the accuracy of calculations, to reduce the time for testing, and also minimize the number of errors caused by the human factor.

The presented methodology significantly extends the number of parameters of the braking process used to analyze the braking efficiency of a freight train based on the results of running braking tests: actual values of braking coefficients; braking distances of a freight train not only on the site, but also on normalized gradient descents for a given number of wagons in the train, taking into account the increase in the braking force along the wagons in the train formation; actual values of wheel and rail adhesion coefficients during braking; the deceleration of the freight wagon and the train during braking, as well as the braking time.

Examples of computational and experimental studies of a freight train with tread brake are given. A comparative analysis of experimental and computational studies demonstrates sufficiently satisfactory matching of their results.

Key words: *freight train, braking distance, braking speed, braking coefficient, increase in braking force, mathematical model, trend line, braking wave.*

REFERENCES

1. Tormoznyie systlemy hruzovykh zhielieznodorozhnykh vahonov. Tiekhnichieskiie triebovaniia i pravila raschieta [Brake systems of freight railway cars. Technical requirements and calculation rules]. (2018). *HOST 34434-2018*. Moscow: Standardinform, p.32 [in Russian]

2. *Normy dlia raschieta i proiektirovaniia vahonov zhielieznykh doroh MPS kolei 1520 mm (niesamokhodnykh) [Standards for the calculation and design of railway cars of the Ministry of Railways 1520 mm (non-self-propelled)]*. (1996). Moscow: HosNIIV – VNIIZhT, p. 319 [in Russian]

3. *Instruktsiia z ekspluatatsii halm rukhomoho skladu na zalizniytsiakh Ukrainy Tst-TsV-TsL-0015 [Instructions on the operation of rolling stock brakes on the railways of Ukraine]*. (2002). Kyiv: «Transport Ukrainy», p. 143 [in Ukrainian]

4. Inozemtsev V.G. & Grebenyuk P.T. (1971). *Normy i mietody raschieta avtotormozov [Standards and methods for calculating automatic brakes]*. Moscow: "Transport", p. 57 [in Russian]

5. Hriebieniuk P., Dolhanov A. & Skvortsova A. (1987). *Tiahovyie raschiety [Traction calculations]*. Moscow: "Transport", p. 272 [in Russian]

6. Hrebeniuk P. T. (2004). *Pravila tormoznykh raschietov [Rules of brake calculations]*. Moscow: "Intext", p. 112 [in Russian]

7. *TsV-TsL-0013 Instruktsiia z remontu halmivnoho obladnannia vahoniv [Instruction on repair of brake equipment of cars]*. (2005). Kyiv, p. 160 [in Ukrainian]

8. Tormoznyie sistemy zhielieznodorozhnogo podvizhnogo sostava. Metody ispytanii [Braking systems of railway rolling stock. Test methods]. (2016). *HOST 33597-2015*. Moskow: Standartinform [in Russian]

9. Vodjannikov Ju. Ja., Vasilenko V.S. & Olgard L.S (2014) Mietodologiia proviedieniia poiezdnyh tormoznyh ispytanii dlia opriedielieniia tormoznoi effiektivnosti yedinits podvizhnoho sostava [Methodology for train braking testing to determine the braking efficiency of rolling stock units]. *Vagonnyi park – Wagon fleet, 02 (83)*, 9-13 Kharkiv [in Russian]

10. Vodjannikov Ju. Ja., Safronov A. M. & Zhihartsev K. L. (2008). Mietodika eksperimentalnoho issledovaniia tormoznoi effiektivnosti i tormoznyh harakteristik edinits podvizhnogo sostava. *Vagonnyi park – Wagon fleet, 3*, 14-17 [in Russian]

11. Safronov A.M, Vodiannikov Y. Ya. & Makeieva E. H. (2018). Tormoznaia effiektivnost hruzovykh vahonov. Metodolohiia raschietnykh i ekspierimientalnykh yssliedovanii s yspolzovaniiem matiematichieskikh modelei y kompiuternoho modelirovaniia [Brake efficiency of freight wagons. The methodology of calculation and experimental studies using mathematical models and computer simulations]. *Monograph*. Kremenchuk: SE "UkrNIIV", p.173 [in Russian]

12. Vodyannikov Yu. Ya. & Vasilenko V.S. (2013). Programmnyi komplieks dlia ekspierimentalnoho issledovaniia tormoznyh sistem yedinits podvizhnoho sostava zheleznyh doroh [Software package for experimental research of brake systems of railway vehicles]. *Reikovyi rihomyi sklad"- Railbound rolling stock, 9*, 38-47, Kremenchuk: DP „UkrNDIV" [in Russian]

13. Mitropolskii A. K. (1971). *Tiekhnika statistichieskih vychislienii [Technique of statistical computation]*. Moscow: Nauka, p. 576 [in Russian]

14. Guter R.S & Ovchinskij B.V. (1970). *Eliemienty chislennoho analiza i matiematicheskoi obrabotki rezultatov opyta [Elements of numerical analysis and mathematical processing of experimental results]*. "Nauka" [in Russian]

15. Ibrahimov N.H. (2007). *Praktichieskii kurs diffierientsialnyh uravnienii i matiematichieskoho modeltrovantia. Klassichieskiie i novyie mietody. Nielineinyie matiematichieskiie modeli. Simmetriia i printsip invariantnost. [Practical course in differential equations and mathematical modeling. Classic and new methods. Nonlinear mathematical models. Symmetry and the principle of invariance]*. (Yemielianova I. S., Trans). Nizhnii Novhorod: Yizdatelstvo nizhniehorodskoho gosuniviersiteta im. N. I. Lobachievskoho, p. 421 [in Russian]

16. Kopchienova N.V. & Maron I.A. (1972). *Vychislitielnaia matiematika v primierah i zadachah [Computational Mathematics in Examples and Problems]*. Moscow: «Nauka», p. 367 [in Russian]

17. Vodyannikov Yu. Ya., Svistun S.M. & Makeieva E.H. (2014). Metodologiia pierieschieta tormoznoi effiektivnosti odinochnoho vahona na tormoznuiu effiektivnost poiezda Methodology for recalculating the braking efficiency of a single car to the braking efficiency of a train]. *Zaliznychnyi transport – Railway transport, 2/2*, 27-37 [in Russian]

18. *Protokol № 0033-2020 vid 24 lipnya 2020 roku poperednih vyprobuvan vahona-tsisterny modeli 15-7140 [Test report No. 0033-2020 of July 24, 2020 on preliminary tests of the tank car model 15-7140 (train brake tests)]* [in Ukrainian]

19. *Protokol № 0029-2020 vid 30 chervnya 2020 roku poperednih viprobuvan vahona-tsisterny modeli 15-7140 (statsionarni halmivni vyprobuvannia) Test report No. 0029-2020 of June 30, 2020 of preliminary tests of the tank car model 15-7140 (stationary brake tests)* [in Ukrainian]

20. *CSH/0001. Instruksiia z sylnalizhatsii na zaliznytsiah Ukrainy [Instruction on signaling on the railways of Ukraine]*. (2008). Kiiv [in Ukrainian].

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Редакція ДП «УкрНДІВ» на постійній основі здійснює прийом наукових та науково-технічних статей в збірник наукових праць «**Рейковий рухомий склад**».

1. До друку у Збірнику приймаються лише наукові статті, які мають такі необхідні елементи: постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття; формулювання цілей статті (постановка завдання); виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.

Матеріали потрібно надавати в друкованому та в електронному виглядах у програмі Microsoft Word. Для перевірки правильності написання формул просимо надавати публікацію також в **PDF** форматі, тому що різні версії програмного забезпечення текстових редакторів можуть бути несумісні і змінювати зміст статті.

2. Стаття має відповідати тематичному спрямуванню журналу і бути завізована власноручно підписом автора. Відповідальність за матеріали, наведені у статті, несе автор.

Разом з текстом статті і електронний варіант записаним текстом до редколегії Збірника подаються:

• рецензія на статтю;

• експертний висновок про можливість опублікування матеріалів;

• витяг з протоколу засідання кафедри чи лабораторії або наукового підрозділу, що рекомендує статтю до друку;

• довідка про авторів (порядковий номер (верхній індекс – арабська цифра та додатково зірочка для автора-кореспондента), місце роботи, повна поштова адреса (вулиця, корпус, будинок, назва населеного пункту, країна, індекс), номери телефонів, електронна пошта та ORCID. Кожна наступна адреса та дані для листування починаються з нового рядка. (TNR 9, начертання звичайне, інтервал перед блоком – 0 пт, після – 12 пт).

3. Матеріал треба викладати стисло, послідовно, стилістично грамотно. Терміни та позначення повинні відповідати чинним стандартам. Не допускаються повтори, а також зайві подробиці при переказі раніше опублікованих відомостей – замість цього подаються посилання на літературні джерела. Одиниці вимірювання слід подавати лише за міжнародною системою одиниць SI чи в одиницях, допущених до застосування в Україні згідно з вимогами чинних державних стандартів.

4. До рукопису додається анотація одним абзацем, обсягом від 250 до 300 слів, структурована (мета, методика, результати, наукова новизна, практична значимість) – з вирівнюванням по ширині.

Блок російською (для україномовної статті) або українською (для російськомовної) обсягом не менш як 1800 знаків – формат відповідає вимогам до оформлення статті: повний список (спів)авторів; відомості про (спів)авторів; назва статті; анотація; ключові слова і розташовується по ширині сторінки перед основним текстом.

Для авторів – не громадян України переклад назви статті, відомостей про автора, анотації та ключових слів на українську та російську мови не є обов'язковим.

5. Цитати, таблиці, статистичні дані, цифрові показники, що підвищують рівень аналітичних матеріалів, подаються з посиланням на джерела. Таблиці мають бути пронумеровані й мати заголовок. Відповідальність за наведені показники несе автор.

6. Текстові матеріали готуються та друкуються на аркушах білого односортного паперу з використанням комп'ютерних текстових редакторів MS Word for Windows, для набору формул використовують вбудовані редактори рівнянь, табличні матеріали можуть готуватись з використанням електронних таблиць (MS Excel). При цьому має застосовуватись шрифт Times New Roman.

7. Параметри сторінки Збірника встановлені такі:

- розмір сторінки – 210x297 (А4)
- 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. Дискове гальмо:
1 – гальмівний диск; 2 – клішовий 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.).

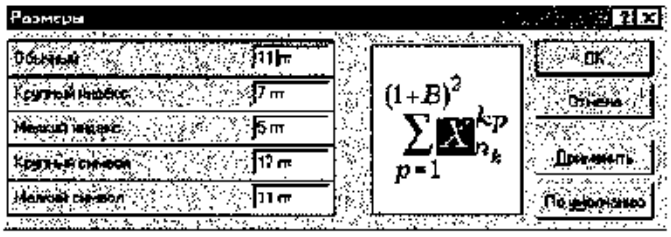
Таблиця має бути надрукована якомога ближче до першого посилання на неї в тексті.

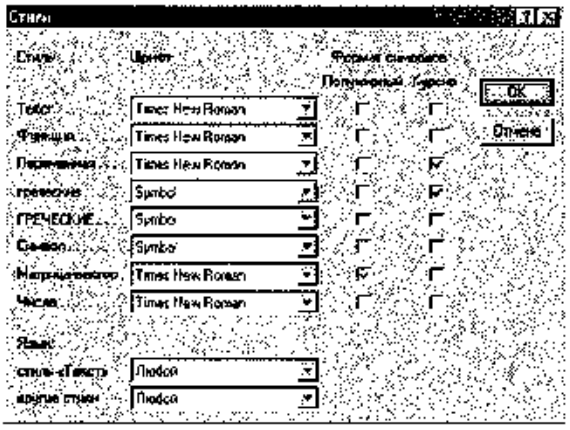
Якщо таблиця не вміщається на одній сторінці, всі її колонки нумерують, а над перенесеною частиною таблиці справа надписують: «Продовження табл. 1» або «Закінчення табл. 1»

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 символа 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.
- Двокрапку перед формулою ставлять лише у випадках, передбачених правилами пунктуації: а) у тексті перед формулою є узагальнююче слово; б) цього вимагає побудова тексту, що передує формулі.
- Розділовими знаками між формулами, котрі йдуть одна за одною і не відокремлені текстом, можуть бути кома або крапка з комою безпосередньо за формулою до її номера.
- Параметри редактора формул:





- **Забороняється** розміщувати окремі об'єкти (ілюстрації, підрисуночні підписи, формули) у середині **таблиці!**

12. ЛІТЕРАТУРА

- обсяг – 7-20 джерел (за виключенням оглядових статей);
- більша частина джерел повинна відображати сучасний стан наукових досліджень та бути не старша 10 років;

(бібліографічний опис джерел, використаних при підготовці статті, мовою оригіналу), оформлений згідно зі стандартом ДСТУ 8302:2015.

13. Всі бібліографічні описи джерел подаються мовою оригіналу. При 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 англомовна література з ретроспективою не більше 5 років.

15. Інтервали між елементами матеріалу такі:

- УДК – автори – 2;
- автори – назва статті – 3;
- назва статті – анотація – 2;
- анотація – основний текст – 1;
- основний текст –назва таблиці (верхній край рисунка, схеми, діаграми) –2;
- назва таблиці – її верхній край (нижній край рисунка, діаграми, схеми – їхні назви)– 1;
- нижній край таблиці (назва рисунка, діаграми, схеми) – основний текст –2:
- основний текст – знак авторського права – 1;
- основний текст – ЛІТЕРАТУРА – 1;
- ЛІТЕРАТУРА – список літератури – 1.

Якщо видання не є повністю англомовним, кожна публікація не англійською мовою супроводжується анотацією англійською мовою обсягом не менш як 1800 знаків, включаючи ключові слова.

блок англійською мовою та латиницею – формат відповідає вимогам до оформлення статті: повний список (спів)авторів; відомості про (спів)авторів; назва статті; анотація; ключові слова. Розташовується по ширині сторінки після ЛІТЕРАТУРИ.

References – транслітерований список літератури (латинськими літерами), стандарт APA. Подається після англомовної анотації.

1. Транслітерований список літератури, відповідно до вимог наукометричних баз SCOPUS та Web of Science, є повним аналогом списку літератури і виконується шляхом транслітерації мови оригіналу латиницею. При цьому порядок і кількість джерел у списку літератури мають залишатися незмінними. Посилання на англомовні джерела не транслітеруються.

2. Список літератури повинен бути оформлений згідно стандарту APA (American Psychological Association).

3. Постанова КМ України від 27 січня 2010 року № 55 «Про впорядкування транслітерації українського алфавіту латиницею» затверджує офіційну транслітерацію українського алфавіту латиницею. Встановлює діючі правила транслітерації прізвищ та імен громадян України латиницею в закордонних паспортах. Он-лайн транслітератор (http://translit.kh.ua/?passport)

4. На сайті http://shub123.ucoz.ru/Sistema_transliterazii.html можна безкоштовно скористатись програмою транслітерації російського тексту в латиницю з точки зору Правил транслітерації Держдепартаменту США.

REQUIREMENTS FOR DRAWING-UP OF ARTICLES

The editorial office of the State Enterprise "UkrNDIV" on a permanent basis accepts scientific and scientific-technical articles for the collection of scientific works.

1. Only scientific articles are accepted for publication in the Collection, which have the following necessary elements: statement of the problem in general and its connection with important scientific or practical tasks; analysis of the latest research and publications, in which the solution of this problem has been initiated and on which the author relies, selection of previously unsolved parts of the general problem, to which the mentioned article is devoted; formulation of the purposes of the article (task statement); presentation of the main material of the study with a full justification of the obtained scientific results; conclusions drawn from this study and prospects for further exploration in this area. Papers must be submitted in printed and electronic form in Microsoft Word. To verify the spelling of the formulas, please provide the publication also in **PDF** format, because different versions of software for text editors may be incompatible and change the content of the article.

2. The article should correspond to the subject of the journal and be signed by the author's signature. The author is responsible for the materials presented in the article. Along with the text of the article and the electronic version of the recorded text to the editorial board of the Collection following items should be submitted:

• review of the article;

• expert opinion on the possibility of publishing materials;

• extract from the record of the department, laboratory or research unit meeting that recommends the article for publication;

• information about the authors (serial number (superscript - Arabic numeral and an additional asterisk for the corresponding author), place of work, full postal address (street, block, building, name of the settlement, country, index), telephone numbers, e-mail and ORCID. Each subsequent address and data for correspondence should begin with a new line. (TNR 9, normal type face, interval before the block is 0 pt, after is 12 pt).

3. The material should be presented concisely, consistently, stylistically competently. Terms and designations must comply with applicable standards. Repetitions, as well as unnecessary details when transferring previously published information are not allowed - references to literary sources should be provided instead. Units of measurement should be submitted only according to the international system of SI units or in units approved for use in Ukraine in accordance with the requirements of current state standards. 4. The paper should be accompanied by an annotation in one paragraph of 250 to 300 words, structured (purpose, methodology, results, scientific novelty, practical significance), with alignment in width. Block in Russian (for a Ukrainian-language article) or Ukrainian (for a Russian-language article) should consist of at least 1800 characters; the format should meet the requirements for the design of the article: full list of (co) authors; information about (co) authors; article title; annotation; keywords and should be located across the width of the page in front of the main text. For non-Ukrainian authors, translation of the title of the article, information about the author, annotations and keywords into Ukrainian and Russian is not required.

5. Quotations, tables, statistics, numerical indicators that increase the level of analytical materials should be submitted with reference to sources. Tables should be numbered and have a title. The author is responsible for these indicators.

6. Text materials are prepared and printed on sheets of white single-grade paper using computer text editors MS Word for Windows, to set formulas built-in editors of equations should be used, tabular materials can be prepared using spreadsheets (MS Excel). The Times New Roman font should be used.

7. The parameters of the Collection page are set as follows:

- page size – 210 x 297 (A4)
- book orientation
- top and side margins - 35 mm;
- lower field - 45 mm;
- deviation from the header - 12 mm;
- deviation from the footer - 20 mm.

Do not enter headers and footers, or page numbers.

Text, formulas, tables, figures, diagrams, flow charts should be placed on a page in one column. Indent of the first line of the paragraph should be 5 mm, the interval between lines should be single.

8. Materials should be typed in the following fonts:

- **UDC** - 11 points, italics, text alignment on the left edge;
- **authors** - 12 points, bold italics of text alignment on the left edge;
- **ARTICLE TITLE** - all capital letters, 12 points, bold text, center alignment;
- **annotation** - 11 points, bold italics, text width alignment;
- **Keywords** (5–12 individual words and / or several phrases), width alignment;
- **main text** - 11 points, the usual width alignment of the text;
- words ***Figure, Table, Diagram, Diagram and their numbers*** - 11 points, italics;

Fig. 1. **External appearance**
Table 1. - **Some characteristics**

- **names of figures, tables, diagrams, schemes** - 11 points, bold, text center alignment;
- **© Domina A.K., 2018** - 12 points, bold italics text alignment on the left edge;
- **headings in the section** - 11 points, bold, text alignment on the left edge.
- **REFERENCES** - 11 points, bold, centering of the text;
- **Sources in the list** - 9 items in regular font, width alignment of the text;

9. All figures, tables, diagrams must have names and numbers (if one the material contains two or more of these elements):

If after the thematic title of the signature there is a decryption, then between them a colon should be placed and the following transcript should be typed in 9 pt, for example:

Fig. 15. Disc brakes:
1 - brake disk; 2 – caliper

Illustrations should also be presented as separate JPEG, TIFF files (for raster) or PSD (for rasters made in Photoshop), CDR (for a vector, performed in Corel DRAW).

Inscriptions on the illustration can be of two types: 1) inscriptions on the illustration itself against the corresponding details; 2) designation by numbers or letters with removal of the text of inscriptions in the corresponding text or under the signature. There is no

need to save articles intended for the qualified reader inscriptions on the illustrations, i.e. the second option is more acceptable.

The inscriptions should be typed in Times New Roman font, 10 pt font size, light, italic typeface.

Photos should be clear and contrasting. If you need to indicate in the photos numbers (positions), it should be made in Photoshop.

10. Names and numbers of tables should be placed above the tables, and figures, diagrams, flow charts to be located under them. It is forbidden to separate names from the specified elements. References in the text on the table should be given in abbreviated form: "table. 1 ", - in the usual font.

In the article only in case of urgent need and in a limited number of tables are allowed, deployed vertically (landscape orientation).

Tables are typed in Microsoft Word.

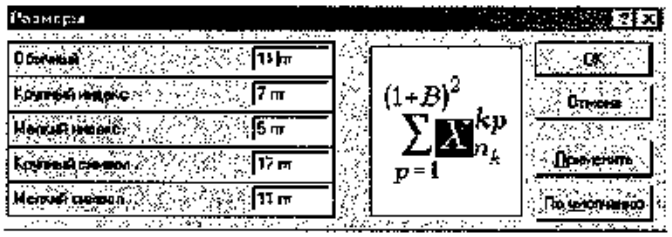
Tables of the same nature should be designed uniformly throughout the publication (fonts, rulers, headings and columns, line breaks, etc.).

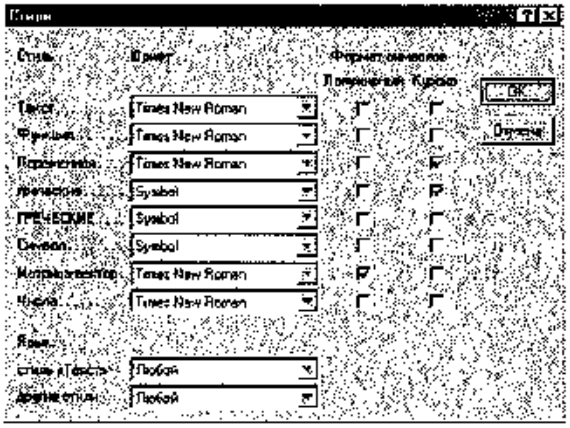
The table should be printed as close as possible to the first reference to it in the text.

If the table does not fit on one page, all its columns are numbered, and above the transferred one part of the table on the right is inscribed: "Continuation of the table. 1 "or" End of table.1 »

11. Formulae

- When using formulas it is necessary to adhere to certain technical-orthographic rules.
- Graphic files with formulas, graphs, figures, diagrams and photographs should be located in the text in the MS Word box. The formula number should be affixed to the right at the end line, in parentheses, without going to the field. The formulae should be located on the page by the center. An interval of one line should be maintained formulae and the text.
- The formulae should be entered in the graphical editor "Equation Editor" for "Windows". Latin letters and notation of values (symbols) in italics, Ukrainian and Russian letters are to be executed in direct font only.
- An explanation of the values of the symbols and numerical coefficients should be given directly under formula in the order in which they are given in the formula. The value of each character and the numerical coefficient should be entered from a new line. The first line of explanation begins from the word "where" without a colon.
- Equations and formulae should be separated from the text by free lines. Above and below each formula at least one free line should be left. If the equation does not fits in one line, it should be moved after the equal sign (=) or after the signs plus (+), minus (-), multiplication (·) and division (:).
- The general rule of punctuation in the text with formulae is as follows: the formula is included in the sentence as its equal element. Therefore, at the end of the formulae and in the text before them punctuation marks should be put in accordance with the rules of punctuation.
- A colon is placed before the formula only in cases provided by the punctuation rules: a) if in the text before the formula there is a generalizing word; b) if it is required by the composition of the text preceding the formula.
- As separating characters between formulae that follow each other and are not separated by the text, a comma or semicolon immediately following the formula to its number can be used.
- Formula editor parameters:





• **It is forbidden** to place individual objects (illustrations, captions, formulas) in the middle of the **table!**

12. REFERENCES

• volume is 7-20 sources (excluding review articles);

• Most sources should reflect the current state of research and be not older than 10 years; (bibliographic description of the sources used in the preparation of the article should be presented in the original language) and executed in accordance with the standard DSTU 8302: 2015.

13. All bibliographic descriptions of sources should be given in the original language. When referring to documents cited the name of the publication used and (in square brackets in regular font) its number in the list should be indicated, for example: «... and are determined by the tariff scheme of the Price list 0–01 [2] ».

14. The list should include modern English literature not older than 5 years.

15. The intervals between the elements of the material are as follows:

• UDC - authors - 2;

• authors - title of the article - 3;

• title of the article - annotation - 2;

• annotation - main text - 1;

• main text - the name of the table (upper edge of the figure, diagrams, charts) -2;

• name of the table - its upper edge (lower edge of the figure, charts, diagrams - their names) - 1;

• the lower edge of the table (name of the figure, diagram, charts) - the main text -2:

• main text - copyright mark - 1;

• main text - REFERENCES - 1;

• REFERENCES - list of references - 1.

If the publication is not entirely in English, each non-English publication should be accompanied by an annotation in English of at least 1800 characters, including keywords.

The format of the text block in English and Latin should meet the requirements for the drawing-up of the article: full list (co) authors; information about (co) authors; article title; annotation; keywords and should be located across the width of the page after the REFERENCES.

References is a transliterated bibliography (Latin letters), APA standard and presented after the English annotation.

1. Transliterated list of literature, in accordance with the requirements of scientometric databases SCOPUS and Web of Science, is a complete analogue of the bibliography and is performed by transliteration of the language of the original in Latin. The order and number of sources in the bibliography must remain unchanged. References to English-language sources are not transliterated.

2. The list of references should be executed in compliance with the ARA standard (American Psychological Association).

3. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of January 27, 2010 № 55 "On streamlining transliteration of the Ukrainian alphabet in Latin "approves the official transliteration of Ukrainian Latin alphabet. Establishes the current rules for transliteration of surnames and names of citizens of Ukraine in Latin in foreign passports. Online transliterator (http://translit.kh.ua/?passport).

4. On the website http://shub123.ucoz.ru/Sistema_transliterazii.html you can use for free the program for transliteration of Russian text into Latin in terms of the Transliteration rules of the US State Department.

Наукове та науково-виробниче видання

Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад» «Railbound rolling stock»

ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА
«УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ВАГОНОБУДУВАННЯ»

Випуск 23
(українською, англійською та російською мовами)

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації серії КВ № 23892-13732Р від 19.04.2019 р., видане Державною реєстраційною службою України

Статті друкуються мовою оригіналу.

Головний редактор: Сафронов О.М.
Відповідальний за випуск: Гладких І.В.
Комп'ютерна верстка: Лупітько Н.В.

Підписано до друку 15.12.2021 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