Міністерство промислової політики України
Державне підприємство
"Український науково-дослідний інститут вагонобудування"

Збірник наукових праць

# РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Випуск 1

Кременчук 2009

УДК 656:62

Збірник наукових праць Державного підприємства "Український науково-дослідний інститут вагонобудування": Збірник наукових праць "Рейковий рухомий склад". Кременчук.: ДП "УкрНДІВ", 2009. - 83 с.

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

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

Редакційна колегія:

***Донченко А.В.***, кандидат технічних наук, ст. науковий співробітник, член-кореспондент Транспортної Академії України, академік Міжнародної академії наук житлово-комунального господарства *(головний редактор);*

***Водянніков Ю.Я.***, кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник;

***Олєщак В.С.***, кандидат технічних наук;

***Речкалов С.Д.***, кандидат технічних наук;

***Ільчишин В.В.***;

***Ольгард Л.Ш.***;

***Троцький М.В.***;

***Холод Ю.О.***;

***Гладкіх І.В.***, відповідальний секретар;

***Донченко Д.А.***, комп'ютерна верстка.

Статті збірника рецензували члени редакційної колегії, друкуються мовою оригінала

Рекомендовано до друку Редакційною колегією ДП "УкрНДІВ" (протокол № 04 від 19.03.2009 р.)

Засновник і виконавець - Державне підприємство "Український науково-дослідний інститут вагонобудування"

E-mail: office@ukrndiv.net

**Зміст**

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

**Донченко А.В.** Стратегічні плани розвитку галузі транспортного машинобудування щодо створення нових видів рейкового рухомого складу для залізниць та міського господарства у 2008 -2020 роках..... 7

**Донченко А. В.** Сучасний стан відомчого залізничного транспорту, перспективи його розвитку..... 14

**Донченко А.В., Троцький М.В., Крупа А.Г.,** Рухомий склад бімодальної системи перевезень вантажів у спеціальних транспортних засобах..... 23

**Водянніков Ю.Я., Сафронов О.М., Яланський М.І., Пятаков О.О.** Експериментальні дослідження з визначення величини коефіцієнта тертя..... 30

**Водянніков Ю.Я., Яланський М.І., Сафронов О.М.,** Оцінка гальмівного шляху вантажних поїздів на основі аналітичних залежностей із застосуванням програми «excel»..... 36

**Водянніков Ю.Я., Яланський М.І., Сафронов О.М. Шведов А.І.,** Дослідження причин появи повзунів на поверхні кочення коліс пасажирського вагона..... 49

**Водянніков Ю.Я., Яланський М.І., Макеєва О.Г.** Проблемні питання інтерпретації результатів гальмівних випробувань залізничного рухомого складу ..... 55

**Кіницька Г.П, Шведов А.І., Яланський М.І.** Технічні вимоги до гальмівних систем перспективних вантажних вагонів..... 69

**Водянніков Ю.Я., Кіницька Г.П., Яланський М.І., Сафронов О.М.** Методика визначення гальмівної ефективності пасажирського вагона зі змішаними гальмівними (композиційними та чавунними) колодками..... 75

**Соляник М.І. Ткачов В.І.** Вимірювання лінійних переміщень при проведенні ходових випробувань вагонів..... 80

**Шановні колеги!**

Від щирого серця вітаю редакційну раду і колектив редакції з виходом першого номера праць Державного підприємства „Український науково-дослідний інститут вагонобудування" (ДП „УкрНДІВ"). У цей тяжкий період ДП „УкрНДІВ" з упевненістю просувається до висот сьогодення у вітчизняній та світовій науці. Важливу роль на цьому шляху відіграють спеціалізовані засоби інформації, за допомогою яких науковці, інженерно-технічні працівники удосконалюють свої професійні навички, діляться своїми новітніми науковими досягненнями, досвідом, висвітлюють проблемні питання та шляхи їх розв'язання. Тепер у нас є свій збірник праць. Впевнений, що збірник праць ДП „УкрНДІВ" стане постійним супутником науковців, інженерів, конструкторів, дослідників, представників інших професій у їх повсякденній діяльності. Бажаю колективу редакції збірника праць успіхів у їх нелегкій діяльності.

Директор ДП „УкрНДІВ",
канд.техн. наук, ст. науk. співр.,
член-кор. ТАУ, академік МАНЖКПГ

А.В. Донченко

# НАШІ ПРІОРИТЕТИ – НАУКОВІ ДОСЯГНЕННЯ НА ВАРТІ ЯКІСНОЇ ПРОДУКЦІЇ

В межах „Державної програми розвитку машинобудування на 2006-2011 роки" та „Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки" інститутом виконувались науково-дослідні роботи щодо пошукових та прикладних досліджень, а також розроблення національних стандартів та стандартів Мінпромполітики для створення нового ефективного та конкурентоспроможного рухомого складу.

У 2008 р. інститут з метою забезпечення високих темпів розвитку науки, техніки, економічного розвитку та виробництва, приймав участь у створенні та експериментальних дослідженнях нових моделей пасажирських та вантажних вагонів, вагонів метрополітену.

ДП "УкрНДІВ" приймав участь у створенні та експериментальних дослідженнях першого українського поїзда метро для КП „Київський метрополітен" у складі головних (з кабіною управління) та проміжних вагонів моделей 81-7021, 81-7022 виробництва ВАТ "Крюківський вагонобудівний завод".

Був також проведений комплекс науково-експериментальних досліджень вагона моделі 61-779ЭГ виробництва ВАТ "Крюківський вагонобудівний завод" на візках моделі 68-7007/68-7013. Вагон обладнаний українськими безлюльковими візками з дисковими гальмами, що забезпечують його експлуатацію зі швидкостями до 160 км/годод, автономною системою електрозабезпечення від підвагонного генератора, та є одним з кращих зразків вітчизняного вагонобудування з точки зору безпеки та комфорту.

З метою створення вітчизняних вантажних вагонів з осьовими навантаженням 25 тс проводились експериментальні дослідження показників та характеристик напіввагонів на візках моделі 18-4129. Візки виготовлені ВАТ «Кременчуцький сталеливарний завод», а дослідні зразки вагонів на вказаних візках – ДП «Дарницький ВРЗ».

Поряд зі створеним вітчизняних візків мод. 18-4129 інститутом проводились експериментальні дослідження показників та технічних характеристик візків моделі 18-9817 (ICG Motion Control), конструкція яких розроблена американською компанією "АСФ-КІСТОУН Інкорпорейтед" та адаптована до вимог і умов експлуатації на залізницях України.

Крім того взято участь у створенні 19 типів вантажних вагонів.

Інститут постійно співпрацює з Укрзалізницею в галузі виконання робіт щодо продовження терміну служби вантажних і пасажирських вагонів експлуатаційного парку, що відпрацювали призначений ресурс. Метою цих ролбіт є визначення можливості їх подальшого корисного використання.

Також за договором з Укрзалізницею проводяться дослідження зі створення принципово нової системи опалення пасажирських вагонів на базі плоских електричних нагрівачів (замість електричних та електровугільних котлів). На даний час проводяться теплові розрахунки та розробляються схеми розміщення плоских електричних нагрівачів в приміщеннях пасажирських вагонів купейного та відкритого типів.

На протязі поточного року виконується великий обсяг науково-дослідних робіт зі стандартизації, розробки національних стандартів, в т.ч. гармонізованих з міжнародними та європейськими.

Наукові розробки інституту впроваджені практично в усіх вагонах, які виготовляються в Україні. Налагоджена ділова співпраця з багатьма відомими установами та фірмами США, Німеччини, Італії, Чехії, Польщі, Росії та ін., а також з Міжнародною спілкою залізниць (UIC).

Інститутом в 2008 р. подано 3 заявки на отримання патенту, одержано 1 патент, опубліковано 35 наукових праць.

У 2008 р. ДП «УкрНДІВ» визнано переможцем 13-ого Українського національного конкурсу якості у номінації «Малі та середні підприємства», стало володарем сертифікатів EFQM «Визнання досконалості в Європі» та "Визнання досконалості в Україні», визнано Лауреатом загальнодержавного етапу Всеукраїнського конкурсу якості продукції «100 кращих товарів України».

Якість – це основний з принципів, на якому ґрунтується діяльність ДП «УкрНДІВ». Постійне удосконалення системи управління, дух новаторства і професіоналізм дозволяють інституту ефективно працювати на розвиток економіки України.

Заступник директора з наукової роботи ДП „УкрНДІВ" Л.С. Ольгард

*УДК 629.4.014*

***Донченко А. В.***

# СТРАТЕГІЧНІ ПЛАНИ РОЗВИТКУ ГАЛУЗІ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ ЩОДО СТВОРЕННЯ НОВИХ ВИДІВ РЕЙКОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЦЬ ТА МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА У 2008 -2020 РОКАХ

***У статті викладена стратегія розвитку галузі транспортного машинобудування на перспективу до 2020 року та плани освоєння нових видів рейкового рухомого складу і колійної техніки, а також основні вимоги до перспективного рухомого складу.***

Останніми роками спостерігається приріст продукції майже в усіх галузях господарської діяльності України, особливо у промисловості, будівництві та на транспорті. Відповідно до цього збільшуються обсяги перевезень вантажів та пасажирів залізничним транспортом, який є базовою галуззю економіки України. На нього припадає 88 % вантажообігу (без врахування трубопровідного транспорту) та 50% пасажирообігу на відміну від країн ЄС, де частка залізниць становить біля 8%.

За січень-березень 2008 року підприємствами транспорту перевезено 228,2 млн. т вантажів, що на 9,6 % більше, ніж за відповідний період минулого року, а вантажообіг зріс на 10,1 % і склав 128,8 млрд. ткм. Збільшився до 2,1 млрд. обсяг перевезень пасажирів. Прогнозується і збільшення вантажообігу залізничним транспортом. Так з 270,7 млрд. ткм у 2008 році він збільшиться до 335, 2 млрд. ткм у 2020 році, або в 1,24 рази.

На фоні зростання обсягів перевезень особливо загострилася проблема оновлення матеріально-технічної бази залізничного транспорту. Найбільш актуальною є проблема критичного стану активної частини основних фондів, яка за останні 16 років практично не оновлювалася.

Ступінь зносу якого складає: тепловозів 92 %, електровозів 90 %, електропоїздів – 80 %, дизель-поїздів – 97 %, у тому числі повністю амортизовано 53 % тепловозів, 63 % електровозів, 50 % електропоїздів, 65 % дизель-поїздів. За межами призначеними виробниками нормативними термінами експлуатується 62 % електровозів та 53 % тепловозів, 50 % електропоїздів. Необхідно відзначити, що усі типи моторвагонного рухомого складу потребують зайвих витрат на обслуговування, ніж сучасний рухомий склад нового покоління.

В цілому стан залізничного рухомого складу підійшов до критичної межі. З 2006 року ряд типів рухомого складу виробили уже подовжений термін їх експлуатації і мають бути списані за вимогами безпеки руху через аварійний стан несучих елементів конструкцій (рам, кузовів та ходових частин). До 2010 року вироблять подовжений термін служби та мають бути списаними 34 % електровозів, 18 % пасажирських тепловозів, 13 % дизель-поїздів та 39 % електропоїздів.

Аналогічний стан і парку пасажирських та вантажних вагонів.

Інвентарний парк пасажирських вагонів складає 7556 од., у тому числі 2965 вагонів, які експлуатуються понад встановлений нормативний термін, що становить 39,2 %. Слід звернути увагу, що з них віком від 10 до 20 років понад установлений експлуатуються 24, 8 %, а віком до 10 років – лише 3,1 %. На даний період Україні для забезпечення пасажирських перевезень необхідно закуповувати по 210 вагонів щорічно.

Парк вантажних вагонів налічує 194960 шт., із них інвентарний парк УЗ 142796 вагонів, та парк власних вагонів – 52164 шт. Закупівля вантажних вагонів починаючи з 1992 року практично не проводилася. Разом з тим, з 2000 року намітилася тенденція зростання обсягів перевезень, що в свою чергу призвело до збільшення потреби у вантажних вагонах. У цей же період розпочалося інтенсивне старіння інвентарного парку, що призвело до необхідності списання великої кількості вагонів. Особливо це стосується універсальних напіввагонів, середній вік яких складає 20 років при нормативному 22 роки. Головна причина такого явища – варварське відношення щодо експлуатації цього рухомого складу, особливо при навантаженні та розвантаженні вантажів, а також завантаженням вантажів без упаковки, що викликають інтенсивну корозію металоконструкцій кузовів напіввагонів. За період з 2000 року до середини 2007 року виключено 25925 вагонів, з них 43 % напіввагонів, а за останні 15 років парк вантажного рухомого складу скоротився на 120 тисяч одиниць. Знос рухомого складу перевищує 81 %. Для забезпечення запланованих обсягів перевезень у 2008 році необхідно закупити 8,8 напіввагонів на суму 2,6 млрд. грн.

Наявні вагони, що спроектовані ще в 50 роки, мають незадовільні динамічні властивості. Критична швидкість, за межами якої не гарантується стійкість вагону проти сходу з рейок, для більшості типів вагонів у порожньому стані не перевищує 70 км/год. Бокові та вертикальні сили впливу на колію значно перевищують допустимі, що ускладнює утримання колії в належному стані, інтенсивність зносу гребеню колеса та рейок майже на порядок перевищує допустимі норми. Коефіцієнт тари на 30-40 % більший закордонних аналогів. За своїми споживчими якостями такі вагони не задовольняють зростаючим потребам вантажовласників. Уже сьогодні не відповідають сучасним вимогам гальмівні системи рухомого складу, особливо, вантажних вагонів, поглинальні апарати, пристрої зчеплення, ходові частини. В цьому немає нічого нового. Адже державою практично не виділялися в останні 16 років кошти на пошукові та прикладні дослідження по цих напрямках. Тільки сьогодні дещо поліпшилася справа щодо розроблення своєї нормативної бази, але того, що зроблено явно замало.

Необхідно відмітити, що на залізницях має місце велика зношеність машин та механізмів, які використовуються при ремонтно-колійних та відбудовних роботах, а їх технічний рівень на порядок нижче зарубіжних аналогів. Значна кількість техніки для колійних робіт в Україні взагалі не випускається та не налагоджено її освоєння і виробництво.

Для виконання оптимального обсягу ремонтно-колійних робіт у 2008 році необхідні кошти на модернізацію колійних машин і обладнання 22, млн. грн., а основних засобів колійного господарства необхідне фінансування близько 140 млн. грн.

В цих умовах рішення про перегляд та впровадження науково-технічної програми „Оновлення рухомого складу залізничного транспорту України" розрахованої до 2020 року та призваної стабілізувати ситуацію в галузі є єдино правильне та стратегічно важливе.

Програма передбачає створення технічних засобів залізничного транспорту, які будуть випускатися на підприємствах країни сучасних вантажних та пасажирських вагонів, дизель та електропоїздів, електровозів, тепловозів, шляхових машин. Програма дозволить збільшити кількість робочих місць та збільшити надходження до бюджетів усіх рівнів.

Для покращення організації приміських та міських перевезень на ВАТ „ХК „Луганськтепловоз" планується створити та налагодити серійне виробництво: пасажирських магістральних швидкісних електропоїздів постійного та змінного струму. На Дніпропетровському електровозобудівному заводі планується створити та налагодити серійне виробництво: електровоз магістральний швидкісний постійного/змінного струму з асинхронним приводом.

Спеціалістами ВАТ „КВБЗ" планується створити та налагодити серійне виробництво: нового українського пасажирського вагона магістрального локомотивної тяги з конструктивною швидкістю 200 км/год., двоповерхових вагонів, поїздів для вітчизняних метрополітенів, рейкових автобусів, нових моделей вантажних вагонів з осьовим навантаженням 25 тс.

Впровадження програми надасть можливість для створеная більш сприятливих умов для розвитку динамічної конкурентоспроможної та орієнтованої на клієнтуру національної залізничної системи у відповідності з оновленим пакетом Директив Європейського економічного співтовариства та єдиного економічного простору (ЄЕП).

Таким чином, задоволення потреб залізниць України та промислових підприємств рухомим складом для вантажних перевезень стає стратегічно важливою метою політики у розвитку рухомого складу залізниць.

Те, що сьогоднішній стан рухомого складу потребує кількісного та якісного поповнення і оновлення, є очевидним уже не тільки для спеціалістів.

На сьогодні безумовно є свідчення деякого прогресу у створенні вантажного рухомого складу та значне пожвавлення в створенні та освоєнні сучасних конструкцій пасажирського рухомого складу. Однак, слід відмітити, що вказане є лише півзаходом до реалізації в практиці створення конструкцій рухомого складу нового покоління. На сьогодні ще досить стримано впроваджуються нові технології та новітні науково-інженерні напрацювання. Це стосується, наприклад, нанесення лакофарбових та антикорозійних покриттів нового покоління.

2008 – 2020 роки повинні стати роками створення вагонів нового покоління з навантаженням 25 т на вісь , 800 тис. км пробігу між ремонтами, на 8 т більшою вантажопідйомністю, поліпшенням інших показників рухомого складу нового покоління. Для виконання цих вимог необхідно промисловим підприємствам провести роботи з наступних напрямків:

1) нові конструкційні сталі;

2) нові ливарні сталі, що мають коефіцієнт запасу міцності по втомі 2,0 та зменшення маси візка на 15%:

3) випуск вітчизняних конічних касетних підшипників;

4) сучасне виробництво зносостійких елементів візка, фрикційних клинів та ковзунів з термічно обробленого високоміцного чавуну;

5) виробництво поліуретанових деталей візків;

6) виробництво зносостійких полімерних втулок важільної передачі з пробігом 800 тис. км;

7) сучасні автозчепи, що вирішують питання різниці положення осей та надійність їх зчеплення;

8) технологія захисту від зносу тертям елементів вагону (автозчеп, хомут, клин, балочка для від центрування та інші.);

9) розробка та освоєння виробництва поглинаючих апаратів;

10) розробка та освоєння виробництва нових гальмівних систем вагонів;

11) розробка сімейства візків вантажних вагонів для різних родів вагонів;

Створення та освоєння виробництва пасажирського та вантажного рухомого складу нового покоління повинне базуватися на наступних принципах:

- підвищення швидкості доставки пасажирів та вантажів;
- підвищення транспортної та екологічної безпеки;
- підвищення збереження вантажів;
- застосування у виробництві рухомого складу комплектуючих та складальних одиниць нового покоління;
- застосування в виробництві рухомого складу нових матеріалів з більш високими механічними та ергономічними властивостями.

Конструкції рухомого складу нового покоління повинні забезпечувати у порівнянні з існуючими аналогами:

- підвищення продуктивності на 18 – 20 %;
- збільшення осьового навантаження не менше ніж на 7 %;
- зменшення питомої металомісткості конструкції на 10 %;
- економії енерговитрат на експлуатацію до 20 %;
- зменшення капітальних вкладень на закупівлю нового рухомого складу з одночасним освоєнням планових обсягів перевезень не менше ніж на 5 %;
- економію експлуатаційних витрат – не менше ніж на 5 %;
- підвищення надійності конструкцій, широке застосування засобів технічної діагностики і неруйнівного контролю, збільшення міжремонтних пробігів, збільшення моторесурсу.

Для впровадження тягового рухомого складу (ТРС) нового покоління необхідно вирішити питання щодо розробки комплексу технічних рішень по ТРС нового покоління та його основних елементів, а саме:

- розробка уніфікованих базових платформ для електровозів та тепловозів (чотирьохвісної та шестивісної), базового уніфікованого вагона для моторвагонного рухомого складу;
- розробка та реалізація концепції блоково-модульної побудови ряду ТРС на основі уніфікованих модулів, систем та їх компонентів;
- розробка нових технологій виготовлення кузовів з сучасних конструкційних матеріалів з підвищеною стійкістю до корозії, зниженою масою і збільшеним терміном служби;
- розробка сучасних інтер'єрів пасажирських салонів моторвагонного рухомого складу, з прогресивними системами забезпечення мікроклімату та освітлення;
- розробка сучасних систем санітарно-побутового забезпечення пасажирів моторвагонного рухомого складу;
- розробка систем нахилу кузовів вагонів електропоїздів для підвищення плавності їх руху на високих швидкостях в кривих ділянках колії;
- розробка уніфікованої кабіни управління з ударно-поглинаючим пристроєм високої енергоємності в лобовій частині і високоміцним лобовим і бічним склом з електро обігрівом, з пристроями забезпечення необхідного мікроклімату, ергономічним пультом управління та кріслами;
- розробка комплексних бортових мікропроцесорних систем управління з підсистемами діагностики основного устаткування;
- розробка сервісних систем ремонту та обслуговування;
- розробка сучасних систем сигналізації та захисту від пожежі і несанкціонованого втручання;
- розробка типового ряду без колекторного трифазного тягового та допоміжного електроприводів з сучасними напівпровідниковими перетворювачами на базі IGBT транзисторів, по осьове індивідуальне регулювання тягового зусилля;
- розробка малогабаритних статичних перетворювачів для власних потреб;
- розробка конструкцій екіпажної частини, що забезпечують пробіг бандажів колісних пар до 1 млн. км;
- розробка візків з радіальною установкою колісних пар;
- розробка нових конструкцій тягових передач;
- розробка гальмівного устаткування, що забезпечує максимальну інтеграцію з електроустаткуванням і мікропроцесорною системою управління;
- розробка тепловозних дизелів нового покоління з сучасною мікропроцесорною системою управління і діагностики параметрів, які відповідають сучасним екологічним вимогам та багато інших.

# РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Створення системи швидкісного залізничного транспорту України є об'єктивною необхідністю для вирішення комплексу соціальних, економічних і екологічних проблем. Зі збільшенням швидкості руху до 200 км/год, комфортності, залізничний транспорт стає основним засобом сполучення між населеними пунктами України та з виходом на європейську мережу і країн СНД. Пасажирський вагон з швидкостями руху до 200 км/год є однією з складових створення інфраструктури і всього комплексу швидкісного транспорту.

Початок реалізації Програми відбувається в умовах, коли, з одного боку, така Програма вкрай необхідна, а з другого, коли її реалізація ускладнена через важкий економічний стан України. Створення мінімально необхідних правових норм, що забезпечують гарантії закупівлі виготовленого рухомого складу, дозволить залучити необхідні не бюджетні кошти для реалізації Програми.

Науково-технічний та виробничий потенціал, зосереджений у машинобудівному комплексі України, спроможний забезпечити розробку і виготовлення конкурентоспроможних конструкцій рейкового рухомого складу відомчого призначення.

Програма містить механізм та умови її реалізації, які передбачають поєднання традиційних адміністративних методів з ринковими методами, які базуються на застосуванні конкурентоспроможності у питаннях залучених виконавців та розподілу фінансових ресурсів.

Виконання завдання по випуску нових видів рухомого складу можна тільки забезпеченням виконання завдань по розробці та придбанню матеріалів і комплектуючих, а для цього необхідно також підготувати розвиток відповідних потужностей. Потужності для випуску вантажних вагонів та більшості типів колійної техніки в Україні є з великим запасом.

Програма також містить план по створенню нових матеріалів та технологій їх виготовлення, план розробки НД.

На основі викладеного зроблені наступні висновки:

1. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки носить яскраво виражений соціально спрямований характер і має на меті:

- забезпечити потреби населення України в пасажирських та вантажних перевезеннях на далекі відстані та в приміському сполученні. Рухомий склад забезпечить високий рівень комфорту та безпеки; залучити до виготовлення рухомого складу вітчизняних виробників, що дозволить створити декільки тисяч робочих місць і таким чином пом'якшити стан соціальної напруги в суспільстві;

- створити конкурентоспроможний рухомий склад, а також потужності для його виготовлення вітчизняними виробниками і таким чином різко зменшить імпортну залежність держави у постачанні рухомого складу з держав СНД та Західної Європи.

2. Початок реалізації Програми відбувається в умовах, коли, з одного боку, така програма вкрай необхідна, а з другого, коли її реалізація ускладнена через важкий економічний стан України. Створення мінімально необхідних правових норм, що забезпечують гарантії закупівлі виготовленого рухомого складу дозволить залучити необхідні не бюджетні кошти для реалізації Програми.

3. Науково-технічний та виробничий потенціал, зосереджений у машинобудівному комплексі України, спроможний забезпечити розробку і виготовлення конкурентоспроможних конструкцій рейкового рухомого складу.

4. Реалізація програми має значну економічну, соціальну та екологічну ефективність. Дозволить до 20 % забезпечити економію енергоресурсів, на 8 – 10 % скоротити загальну кількість парку рухомого складу за рахунок підвищення експлуатаційних швидкостей та вантажопідйомності.

По попереднім підрахункам, при рівні рентабельності виробництва 20 % витрати пов'язані з реалізацією Програми в частині будівництва рухомого складу будуть окуплені за 1,2 роки.

5. Програма містить механізм та умови її реалізації, які поєднують традиційні адміністративні методи та ринкові методи.

*УДК 629.4.014*

***Донченко А.В.***

# СУЧАСНИЙ СТАН ВІДОМЧОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ, ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО РОЗВИТКУ

***У статті наведені матеріали щодо технічного стану відомчого рухомого складу та запропоновані першочергові заходи щодо організаційно-технічного, правового і фінансового забезпечення стабільної і безаварійної діяльності промислового залізничного транспорту.***

Залізничний транспорт завжди був і повинен надалі залишатися потужним локомотивом розвитку економіки та забезпечення обороноздатності, визначальним фактором в закріпленні єдності її територій та підвищеного рівня мобільності.

Але на превеликий жаль в забезпечені промислових підприємств України залізничним транспортом, виникла складна ситуація. Це пов'язано, насамперед, з незадовільним технічним станом рухомого складу.

На виконання доручення Кабінету Міністрів України від 30.07.2007 № 33202/1/107 Державна комісія у відповідності з протоколом Кабінету Міністріз України від 25 липня 2007 року № 31 у другій половині 2007 року провела перевірку діяльності залізничного транспорту, в тому числі промислового. За результатами роботи Державної комісії Міністерству промислової політики України доручено розглянути питання щодо організаційно-технічного, правового і фінансового забезпечення стабільної і безаварійної діяльності промислового залізничного транспорту.

Наявність вагонів на промислових підприємствах складає 42500 одиниць, при цьому понад 90 % з них відпрацювали понад два нормативних терміни і вимагають оновлення та заміни. Ще більш складна ситуація склалася в локомотивному господарстві відомчого транспорту. Основою його є застарілі моделі імпортної техніки, технічні показники якої не відповідають сучасним вимогам.

Таким чином, задоволення потреб промислових підприємств рухомим складом для вантажних перевезень стає стратегічно важливою метою політики у розвитку промислового (відомчого) залізничного транспорту.

Відомчий залізничний транспорт функціонує на промислових підприємствах різних форм власності у всіх галузях народного господарства України, виконуючи технологічне перевезення всередині підприємств і між ними в основному спеціалізованим рухомим складом, а також забезпечує взаємодію і стикування промислових підприємств з магістральним залізничним транспортом, виконуючи самі важкі початкові та кінцеві операції перевезення по залізницях завантаження і розвантаження вантажів.

По обсягу перевезень в тонах відомчий залізничний транспорт в 4 рази перевищує обсяги перевезень Укрзалізниці, а по номенклатурі технічних засобів їй адекватний.

Велика різноманітність виробництв, які обслуговуються відомчим залізничним транспортом, накладають на нього свої конкретні специфічні вимоги до конструкції, умов транспортування та завантаження і розвантаження вантажів, застосування різноманітних технічних засобів, які впливають на вартість обслуговування.

На металургійних комбінатах і підприємствах гірничорудної промисловості найчастіше використовуються думпкари, вагони типу хопер для транспортування окатишів та агломерату, коксу, хопер-дозатори та платформи для транспортування різноманітних вантажів, а також спеціальні вагони, такі як вагон для перевезення металобрухту, вагон для перевезення окалини прокатного виробництва, сипких металургійних вантажів. На підприємствах хімічної та нафтохімічної промисловості використовуються вагони–хопери для перевезення мінеральних добрив, а також широкий спектр спеціальних вагонів – цистерн для транспортування хімічних вантажів.

Загальна кількість тепловозів гірничо-збагачувального, металургійного та хімічного комплексів складала понад 2000 локомотивів.

Аналіз технічного стану 16174 вагонів показав, що 100 % вагонів для перевезення чавуна відпрацювали свій ресурс і вимагають повної заміни, також відпрацювали свій ресурс 75,6 % вагонів-хоперів для перевезення окатишів, 77,2 вагонів самохвалів (думпкарів), 83, 8 % спеціальних вагонів, які використовуються в металургійному комплексі та 55, 4 % спеціальних вагонів – цистерн, які використовуються головним чином для перевезення продуктів хімічної промисловості. Ці типи перекрили межу критичного стану, або 50 % рубіж. Не втішні результати і щодо технічного стану інших вагонів, особливо напіввагонів та вагонів-цистерн для нафтопродуктів, а цей рухомий склад є такий, що найбільше використовується та має найбільший попит. Від технічного стану вагонів залежить безпечна їх експлуатація та забезпечення безперебійної роботи залізниць. Несправний рухомий склад призводить до тяжких наслідків, особливо великі втрати несуть залізниці при різного роду аварійних ситуаціях, а інколи виникають і трагічні наслідки, в тому числі і для певних регіонів в цілому.

Ще більш незадовільні справи з забезпеченням підприємств тяговим рухомим складом, особливо маневровими тепловозами, 50 % яких відпрацювали понад установлений термін, а технічний стан залізничних кранів (тільки в обсязі установлених нормативних термінів) працездатні на рівні 6,5 %, а фактично ще менше. Звідси виникають і трагічні випадки при їх експлуатації.

Наведене свідчить, що „Укрвідтранс" правильно піднімає питання щодо відновлення статистики на державному рівні та ведення постійного моніторингу щодо технічного стану залізничних транспортних засобів та колійної техніки, у тому числі і стану колії як на підприємствах так і на під'їзних коліях.

В зв'язку з ліквідацією транспортних управлінь Мінчермету, Міністерства хімічної промисловості та ряду інших міністерств координацією робіт по залізничному транспорту промислових підприємств та організацій в Україні практично ніхто не займається, тим біль в масштабах держави. На сьогодні майже відсутня нормативна база функціонування промислового (відомчого) залізничного транспорту. Відсутня повністю нормативна документація по термінам та видам ремонту рухомого складу, обсяг робіт по кожному виду ремонту, термінах його служби. Немає їх ув'язки з тими термінами, що встановлені технічними умовами на даний тип транспортної одиниці. Відсутнє на сьогодні нормування витрат запасних частин і матеріалів на конкретний вид ремонту. Відсутні карти, в яких повинні бути вказані термін та вид ремонту, перелік ремонтних робіт, які були виконані.

Уся ця документація повинна бути розроблена та затверджена в установленому порядку.

У таблиці 1 наведений перелік документів які пропонуються до першочергової розробки, що безпосередньо впливають на стабільність безаварійної роботи залізничної техніки та правильного її використання на промислових підприємствах.

У таблицях 2,3 наведений перелік запропонованих до розробки та перегляду нормативних матеріалів та наказів які направлені для забезпечення безаварійної та безпечної роботи залізничного транспорту, а в табл. 4 перелік пропозицій щодо розроблення нових видів залізничної техніки та проведення НД і ДКР з метою досягнення вказаної мети.

*Табл. 1.* **Перелік нормативних документів, які підлягають першочерговій розробці**

| № п/п | Найменування документа |
|---|---|
| 1 | 2 |
| 1 | Правила технічної експлуатації залізничної техніки промислових підприємств |
| 2 | Інструкція з безпечної експлуатації та ремонту рухомого складу залізничного транспорту промислових підприємств |
| 3 | Інструкція поїздів та маневровій роботізалізничного транспорту промислових підприємств |
| 4 | Інструкція з сигналізації на залізничному транспорті промислових підприємств |
| 5 | Інструкція з розслідування порушень безпеки руху на залізничному транспорті промислових підприємств |
| 6 | Положення про ревізорську службу з безпеки руху на залізничному транспорті промислових підприємств |
| 7 | Технологічний процес капітального ремонту вагонів – самосвалів |
| 8 | Технологічний процес деповського ремонту вагонів – самосвалів |

| 1 | 2 |
|---|---|
| 9 | Інструкція та положення відносно забезпечення безпеки руху при виконані ремонтних робіт залізничної колії, СЦБ, зв'язку, залізничних переїздів та при перевезенні негабаритних, великовантажних, довгомірних і небезпечних вантажів |
| 10 | Інструкцію по ремонту трьохвісних візків |
| 11 | Положення про типові структури Управління і нормативної чисельності персоналу залізничних підрозділів промислових підприємств |
| 12 | Інструкція по руху поїздів та маневровій роботі на залізничному транспорті промислових підприємств |
| 13 | Правила безпеки на залізничному транспорті промислових підприємств |
| 14 | Типове положення про систему роботи по безпеці руху на залізничних коліях промислових підприємств |
| 15 | Інструкція по сигналізації на промисловому залізничному транспорті |
| 16 | Правила заводського, деповського, профілактичного та поточного ремонтів залізничного рухомого складу та колійної техніки |

*Табл. 2.* **Перелік нормативних документів, які підлягають розробці**

| № з/ч | Найменування документа |
|---|---|
| 1 | 2 |
| 1 | Положення щодо забезпечення безаварійної роботи та забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті промислових підприємств |
| 2 | Інструкція класифікації порушень по безпеці руху в поїзній та маневровій роботі та порядку класифікації їх розслідування |
| 3 | Норми призначених термінів служби рухомого складу власності промислових підприємств |
| 4 | Нормативні вимоги щодо технологічного проектування та експлуатації залізничного транспорту промислових підприємств |
| 5 | Методика визначення техніко-економічних показників роботи транспорту |
| 6 | Інструкція по технічному обслуговуванню та ремонту самохідного залізничного рухомого складу промислового транспорту |
| 7 | Інструкція розрахунку гальмівних систем тягового та причіпного залізничного транспорту |
| 8 | Типове положення про відбудовний залізничний потяг |
| 9 | Інструкція по експлуатації та поточному утриманню самохідного залізничного транспорту промислових підприємств |
| 10 | Положення по проведенню комісійних місячних оглядів колії, стрілкових переводів, пристроїв СЦБ та зв'язку на залізничних станціях та дільницях |
| 11 | Заходи по попередженню проїздів заборонених сигналів та забезпеченню безпеки руху поїздів та маневрових потягів на перегонах та станціях |
| 12 | Інструкція з безпеки руху поїздів і маневровій роботі при колійних роботах на залізничному транспорті |
| 13 | Правила ремонту та утримання залізничної колії, на залізничному транспорті промислових підприємств |
| 14 | Єдині норми часу на ремонт рухомого складу на залізничному ходу Власності промислових підприємств |

| 1 | 2 |
|---|---|
| 15 | Правила заводського (капітального) деповського, профілактичного та поточного ремонтів вагонів промислового транспорту. |
| 16 | Інструкція щодо порядку використання радіо та станційним зв'язком на залізничному транспорті промислових підприємств |
| 17 | Порядок обліку наявності, стану та використання локомотивів |
| 18 | Порядок планування ремонтів та модернізації локомотивів |
| 19 | Порядок обміру та обліку бандажів |
| 20 | Технічні вимоги до обладнання автоматичної реєстрації переговорів і керівництво по їх утриманню та експлуатації на залізничному транспорті |
| 21 | Положення про комісію проведення іспитів на право управління локомотивом на промисловому підприємстві |
| 22 | Положення про порядок проведення іспитів, видачі та збереження свідоцтв на право управління локомотивом на промислових підприємствах |
| 23 | Положення про порядок присвоєння кваліфікації машиністам локомотивів залізничного транспорту промислових підприємств |
| 24 | Положення про порядок обміну свідоцтв на право управління локомотивом на свідоцтва єдиного зразка на промислових підприємствах |
| 25 | Положення про склад комісій по проведенню іспитів на право управління локомотивом на промисловому підприємстві |
| 26 | Інструкція з складання технічних та розпорядчих актів станцій промислових підприємств. Форма технічного та розпорядчого акту станції (поста) |
| 27 | Інструкція по реєстрації, обліку, та аналізу пошкоджень вагонів обмінного загальної мережі та операторських компаній на промислових підприємствах |
| 28 | Керівництво по проведенню перевірок щодо стану безпеки руху на коліях промислових підприємств |
| 29 | Інструкція по технічному обслуговуванню пристроїв СЦБ на залізничному транспорті промислових підприємств |
| 30 | Норми річних витрат на технічне обслуговування і ремонт засобів зв'язку та телемеханіки |
| 31 | Інструкція з формування, ремонту та технічному обслуговуванню колісних пар вагонів промислового залізничного транспорту колії 1524 мм |
| 32 | Типові норми часу на перевірку та ремонт пристроїв СЦБ |
| 33 | Інструкція про порядок проведення приймальних та експлуатаційних випробувань дослідних зразків пристроїв СЦБ |
| 34 | Норми річних витрат запасних частин та матеріалів на планові види ремонтів технічних засобів залізничного транспорту |
| 35 | Типові технологічні процеси ремонту технічних засобів залізничного транспорту (тягового та причіпного рухомого складу, колійної техніки, пристроїв СЦБ та зв'язку) |
| 36 | Типові технологічні карти на утримання та ремонт залізничної колії в кар'єрах |
| 37 | Типові технологічні карти на виконання робіт по поточному утриманню постійних залізничних колій на промислових підприємствах |

| 1 | 2 |
|---|---|
| 38 | Єдині норми часу виробки на відкритих гірничих роботах для підприємств гірничодобувної промисловості (Ч II Завантаження гірничої маси екскаваторами у залізничні вагони та транспортування її залізничними складами (поїздами) |
| 39 | Типові норми часу на виконання колійних робі (утримання та ремонт) на промислових підприємствах |
| 40 | Технологічну документацію на проведення КР – 2 агрегатів типу ОПЭ |
| 41 | Режимні карти ведення поїздів промислового транспорту |

*Табл. 3.* **Перелік розробки невідкладних наказів, що безпосередньо стосуються безпечної та безаварійної роботи залізничного транспорту**

| № з/ч | Найменування документа |
|---|---|
| 1 | 2 |
| 1 | Про удосконалення систем технічного обслуговування та ремонту рухомого складу промислових підприємств, у тому числі і колійної техніки |
| 2 | Про організацію праці локомотивних бригад та бригад складачів потягів зі зменшеною по відношенню до норм кількістю |
| 3 | Про затвердження норм витрат матеріалів, запасних частин, енергетичних ресурсів, плавно-мастильних матеріалів на експлуатацію та ремонт технічних залізничних засобів |

*Табл. 4.* ***Нові види залізничної техніки запропонованої промисловими підприємствами та завдання по створенню нормативної бази***

| № з/ч | Найменування виду нової техніки |
|---|---|
| 1 | 2 |
| 1 | 4 – х вісний маневровий тепловоз з електричною передачею потужністю 750 – 800 та 1200 к.с. |
| 2 | Новий тепловозний двигун для локомотивів типу ТГМ – 4 |
| 3 | Кран для укладки колії в умовах промислових підприємств |
| 4 | Колійна машина для заміни дерев'яних та залізобетонних шпал. |
| 5 | Організувати масове виробництво маневрових тепловозів в Україні |
| 6 | Перегляд нормативних документів по технічному обслуговуванню та ремонту рухомого складу |
| 7 | Розробка конструкцій, що забезпечують захист від несанкціонованого демонтажу (крадіжок) окремих деталей. |
| 8 | Розробка надійних автоматичних систем розвантаження вагонів |
| 9 | Виготовлення на піввагону з багато секційним дахом, що має можливість зсуву при вивантаженні вантажів |
| 10 | Виготовлення вагона – хопера з корозійностійкого матеріалу та зі збільшеним об'ємом кузова |

| 1 | 2 |
|---|---|
| 11 | Провести науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи щодо забезпечення герметичності прилягання кришок люків по контуру люкових отворів |
| 12 | Розробити конструкцію кузова напіввагона з забезпеченням міцності по контуру прилягання кришки люка та люкового отвору |
| 13 | Розробка системи контролю та діагностування технічного стану тягового та причіпного рухомого складу |
| 14 | Розробка конструкції кабіни машиніста, яка б забезпечувала достатній огляд машиністові при управлінні одиницею рухомого складу однією особою |
| 15 | Освоїти виробництво засобів малої механізації при виконанні колійних робіт вітчизняною промисловістю |
| 16 | Розробка вітчизняними підприємствами малої колійної техніки |
| 17 | Розробка колійної машини для очистки залізничної колії на промислових підприємствах |
| 18 | Розробка конструкції залізничного крану вантажопідйомністю 25 т |
| 19 | Модернізація з'єднання двомашинного агрегату тепловозів ЧМЭ |
| 20 | Обладнання тепловозів системою АЛСН |
| 21 | Установка на тепловозах більш потужнішого компресора |
| 22 | Технологічне устаткування наземного комплексу РКП „Циклон 4" |
| 23 | Розвантажувальний пересувний комплекс |
| 24 | Вагоноперекидач полівійний |
| 25 | Штовхач портальний |
| 26 | Електровоз типу ЕКУ |
| 27 | Устаткування коксової батареї |
| 28 | Платформи металургійні з вібраторами |
| 29 | Візок передатний |

Ще у 2004 році була розроблена науково-технічна програма „Розвиток відомчого залізничного транспорту для забезпечення вантажних перевезень на підприємствах України". Вона була розрахована на 2005-2010 роки і передбачала вирішення більшості проблем сьогодення, але за відсутності фінансування заходи передбачені цією програмою включені до Державної програми розвитку машинобудування на 2006-2011 роки. За період 2005 – 2007 роки, за виключенням позиції щодо створення маневрового тепловозу 800 к.с., практично (по причині відсутності фінансування відповідного напрямку цієї частини програми) заходи не виконуються.

Викладене дозволяє запропонувати наступні висновки:

1 Відновити державну статистичну звітність щодо роботи, наявності та технічного стану залізничного транспорту промислових підприємств.

2 Негайно приступити до розробки та перегляду нормативної та технічної документації для залізничного транспорту промислових підприємств вказаних у таблицях 1-4.

3 Дати визначення статусу та чіткого поняття „Відомчий залізничний транспорт".

4 Як на магістральних залізницях так і на коліях внутрішнього використання промислових підприємств основним і найбільш уразливим видом втручання в роботу залізничної техніки є розкрадання деталей рухомого складу, облаштування сигналізації, централізації та блокування, енергетики і зв'язку, матеріалів верхньої будови колії, але слід зазначити, що 75 % транспортних подій виникає з технічних причин, викликаних зносом рухомого складу й об'єктів інфраструктури. З метою попередження виникнення передумов до надзвичайних подій з можливими тяжкими наслідками через постачання для потреб залізничної галузі неякісної, невідповідної, не сертифікованої продукції, яка безпосередньо впливає на безпеку руху і умови перевезень, посилення впливу на формування технічних характеристик та критеріїв якості продукції необхідне створення дієздатної системи контролю починаючи від виготовлення залізничної продукції і закінчуючи її повсякденною експлуатацією і регламентними ремонтами.

5 Для виправлення ситуації, що склалася на промислових підприємствах та вжиття вичерпних заходів організаційно – технічного, правового і фінансового забезпечення стабільної і безперебійної діяльності промислового (відомчого) залізничного транспорту необхідно здійснити наступне:

5.1 Промисловим підприємствам при складанні фінансових планів передбачати необхідний обсяг капітальних вкладень для приведення у відповідність до нормативної документації технічний стан рухомого складу та об'єктів інфраструктури;

5.2 Визнати пріоритетними напрямки інвестиційної діяльності щодо розвитку залізничного транспорту на підприємствах шляхом оновлення рухомого складу (придбання нового та модернізація наявного парку), модернізації колійного господарства, засобів залізничної автоматики, телемеханіки і зв'язку, автоматизованим керуванням вантажними перевезеннями;

5.3 На усіх потенційно небезпечних об'єктах та об'єктах підвищеної небезпеки залізничного транспорту встановити системи раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення у разі їх виникнення;

5.4 З метою посилення стану готовності сил реагування на випадок виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах залізничного транспорту здійснити заходи щодо укомплектування посадовими особами та технічними особами оснащення для ліквідації наслідків;

5.5 Розробити Правила перевезення небезпечних вантажів у зовнішньому та внутрішньому перевізному процесі на промислових підприємствах та станціях з'єднання між промисловими під'їзними шляхами та залізничними дільницями і станціями підприємств;

5.6 Ввести постійно діючий моніторинг технічного стану та забезпеченості підприємств галузі рухомим залізничним транспортом;

5.7 Створити в ДП „УкрНДІВ" підрозділ надійності залізничної техніки;

5.8 Ввести обов'язкову єдину нумерацію технічних умов на виготовлення рухомого складу як для магістрального так і для промислового (відомчого) рухомого складу;

5.9 Усім підприємствам сфери управління Мінпромполітики позначення технічних умов щодо виробництва продукції рухомого складу та колійної техніки здійснювати у головній організації з науково-технічного забезпечення (ГОС 57) з обов'язковим виконанням технічної експертизи цим підприємством усієї конструкторської та нормативної документації, яка стосується розробки, виготовлення та експлуатації залізничного рухомого складу та колійної техніки;

5.10 Розробити положення щодо порядку обстеження залізничного рухомого складу та колійної техніки, форму технічного рішення щодо можливості їх експлуатації на коліях промислових підприємств та порядок надання дозволу на подальшу експлуатацію (поза межами нормативного терміну експлуатації, для промислового рухомого транспорту внутрішнього користування).

*УДК 629.4.014.7*

***Донченко А. В.***
***Троцький М. В.***
***Крупа А. Г.***

# РУХОМИЙ СКЛАД БІМОДАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ У СПЕЦІАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ

***Наведені вимоги та характеристики бімодальної системи перевезень вантажів. Розглянуті напрямки досліджень в розробленні системи для транспортної мережі України.***

**Вступ**

Зростаючі потреби в перевезеннях різноманітних вантажів є фактором, що спонукає до розробки та реалізації нових транспортних технологій і систем доставки вантажів споживачам. Транспортні послуги розвиваються на принципах максимального задоволення запитів споживачів у швидкій, якісній та економічній доставці вантажів. Розширюється сфера послуг, спрямована на вилучення перевалок, зберігання вантажів на проміжних складах, розподільчих центрах.

На ринку транспортних послуг одержали розвиток такі технології доставки вантажів, як змішана, комбінована, контрейлерна, інтермодальна, мультимодальна, бімодальна. Комбіновані перевезення стимулюються як найбільш ефективні за мінімального, у порівнянні з іншими видами транспорту, забруднення навколишнього середовища.

Відмінною рисою бімодального транспорту є те, що автомобільний напівпричіп, установлений на залізничні візки, може рухатися в складі поїзда, як вагон.

Початок розвитку бімодальної системи перевезень вантажів був покладений в США. Система одержала назву "Roadrailer".

*Рис. 1.* **Рухомий склад бімодальної системи «RoadRailer».**

У 80- і роки минулого століття розпочато розробку, випробування та експлуатацію бімодальної системи для транспортної мережі європейських країн, що одержала назву "Roadrailer Europa". В подальшому, протягом 1980-90 рр. було створено кілька систем бімодального транспорту, у тому числі:

- французько-німецька "Kombirail";
- іспанська "Transtrailer";
- німецька "Kombitrailer";
- скандинавська "Coda-e".

Нижче наводяться деякі аспекти організації бімодальної системи перевезень вантажів.

Загальна характеристика системи

Для організаційного забезпечення бімодальної технології доставки вантажів Міжнародним Союзом залізниць (UIC) в 1991 р. прийнята Пам'ятка 597 OR "Комбінована колійно-дорожна транспортна система. Напівпричепи на візках. Характеристики" [1]. Об'єктом Пам'ятки є стандартні вимоги, яким повинна відповідати колійно-дорожна транспортна система для забезпечення обертання у міжнародному сполученні. Залежно від конструкції проміжних сполучних елементів система підрозділяється на наступні види:

- Kombirail - причепи з'єднуються в групу або повний потяг динамічним шарнірним з'єднанням через проміжні елементи;

- Roadrailer - напівпричепи з'єднуються безпосередньо між собою, утворюючи безамортизаційне шарнірне з'єднання груп і повних потягів. Кожний напівпричіп спереду опирається на візок в одній точці, ззаду - у двох точках;

- Transtrailer - напівпричепи з'єднуються безпосередньо між собою, утворюючи безамортизаційне шарнірне з'єднання груп і повних потягів. Кожен напівпричіп ззаду опирається через шворінь безпосередньо на підп'ятник і на ковзуни проміжного візка, а спереду на напівсферу, розташовану в гнізді суміжного напівпричепа. Система містить напівпричепи автомобільного транспорту (фургони, платформи, цистерни, бункери та шасі), з'єднані між собою динамічним зчленуванням за допомогою допоміжних пристроїв , які є невід'ємною частиною самої системи або такими, що сполучаються з нею, наприклад стандартних візків. Кінцеві візки обладнуються ударно- тяговими пристроями, що відповідають вимогам Пам'яток 520 OR і 526-1 OR [2, 3]. Формування та розформування поїзда (встановлення на візки та зняття з них) здійснюється за допомогою тягача.

Поїзди такої системи, як правило, експлуатуються окремими одиницями. За необхідності, у виняткових випадках, можуть використовуватися зчепи з декількох транспортних одиниць з постановкою їх у хвості поїзда та встановленням по границях зчепу кінцевих візків. Маневрові роботи, проходження сортувальних гірок для поїзда не передбачаються.

У таблиці 1 наведені основні характеристики поїзда повної довжини.

*Табл.1* **Характеристики поїзда бімодального транспорту**

| Найменування показників, характеристик системи | Одиниця виміру | Величина показника |
|---|---|---|
| Кількість напівпричепів у поїзді, не більше | шт | 50 |
| Маса поїзда, не більше | т | 1600 |
| Довжина поїзда, не більше | м | 700 |
| Величина поздовжніх сил розтягнення - стиснення в поїзді | кН | 850 |
| Розрахункове статичне навантаження від колісної пари на рейки при швидкості руху:<br>100 км/год<br>120 км/год<br>140 км/год<br>160 км/год | тс | <br>22,5<br>20,0<br>18,0<br>18,0 |
| Розрахунковий радіус кривої при проходженні транспортних одиниць у зчепленому стані | м | 75 |
| Максимальний кут перелому при проходженні рампи залізничного порома для R=120 м | град | 1° 30′ |

**Характеристики та вимоги до конструкцій напівпричепів**

Напівпричепи можуть бути одно -, дво - або тривісними, що відповідають вимогам чинних законів і нормативних документів з автомобільного транспорту. Конструкція рами (шасі) або кузова напівпричепа, з'єднувальних деталей (наприклад, шворінь) повинні забезпечувати передачу розтягнення-стиснення 850 кН, за мінімальної модифікації конструкції звичайного напівпричепа. Плавність ходу, прогин конструкції напівпричепа на залізничних візках при відповідних експлуатаційних швидкостях повинні відповідати нормативним вимогам для залізничного рухомого складу. Габаритні розміри напівпричепа визначаються залежно від габаритів пропуску рухомого складу за маршрутом проходження залізницями.

Напівпричіп повинен бути обладнаний повітропроводом з елементами міжвагонного з'єднання для подачі стисненого повітря на гальма візків. З'єднання напівпричепа з візком повинне бути обладнане надійним блокувальним пристроєм.

Кожен причіп обладнається чотирма пристроями, що забезпечують піднімання їх гідравлічними домкратами у випадку аварії. Індикаторний механізм, розташований на кожному з пристроїв, повинен забезпечувати з обох боків напівпричепа контроль дотримання нижньої частини габариту.

**Характеристики та вимоги до візків**

Проміжні та кінцеві візки являють собою окремі модулі, їх з'єднання з напівпричепом здійснюється через підп'ятник згідно з Пам'яткою 510-1 О [4]. Для швидкостей руху до 140 км/год база візка встановлюється 1,8 м, для швидкостей руху понад 140 км/год- 2,3 м.

На візку встановлюється комплект гальмівного обладнання: розподільник, резервуар, випускний клапан, авторежим, стоянкове гальмо.

На рисунку 2 показана технологія формування поїзда бімодальної системи.

В 1993-1995 рр. у Польші розроблені та виготовлені дослідні зразки і проведені випробування системи бімодального транспорту, що одержала назву "TABOR" [5]. При розробці системи були враховані вимоги Пам'ятки 597 OR [1].

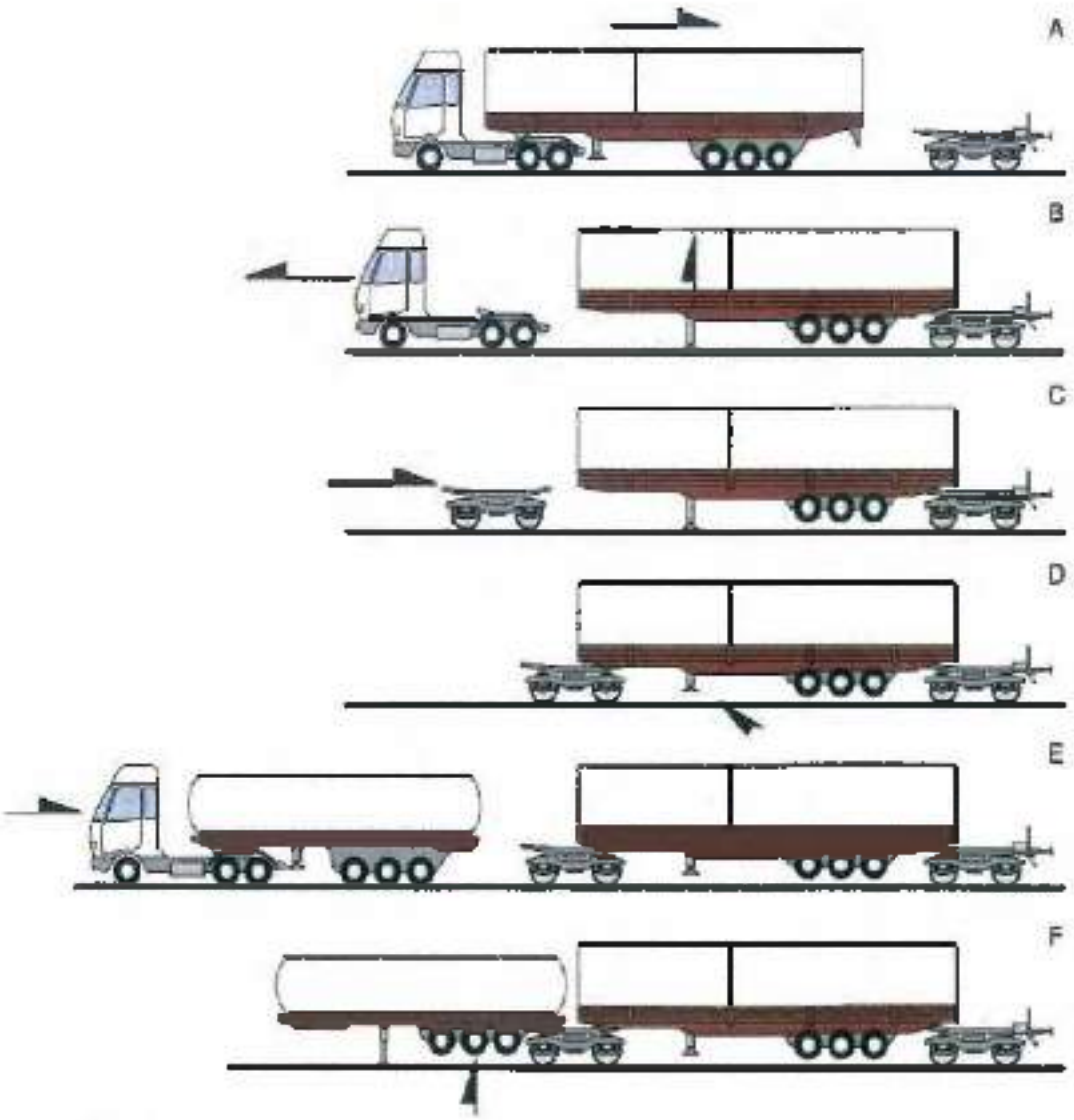



*Рис.2.* **Технологія формування поїзда бімодальної системи**

*Табл. 2.* **Характеристики поїзда бімодального транспорту "TABOR"**

| Найменування показників, характеристик системи | Одиниця виміру | Величина показника |
|---|---|---|
| Маса проміжного візка з адаптером | кг | 8300 |
| Маса кінцевого візка з адаптером | кг | 8700 |
| Маса причепа (критого фургона) | кг | 10700 |
| Вантажопідйомність причепа | кг | 26300 |
| Габарити причепа:<br>- висота<br>- ширина<br>- довжина | мм | <br>3900<br>2430<br>13730 |
| Маса цистерни для перевезення палива | кг | 11000 |
| Вантажопідйомність цистерни | кг | 26000 |
| Довжина цистерни | мм | 10794 |
| Маса цистерни для перевезення газів | кг | 15000 |
| Вантажопідйомність цистерни | кг | 22000 |
| Довжина цистерни | мм | 13100 |
| Максимальне навантаження від колісної пари на рейки:<br>- при швидкості V = 120 км/год<br>- при швидкості V = 160 км/год | кН | <br>225<br>180 |
| Висота гнізда проміжного адаптера у вільному стані | мм | 1277 |
| Висота гнізда адаптера кінцевого у вільному стані | мм | 1263 |

На рисунках 3, 4, 5 показані склад бімодальної системи «TABOR», положення напівпричепів на кінцевому та проміжному візках

*Рис.3.* **Склад бімодальної системи «TABOR»**

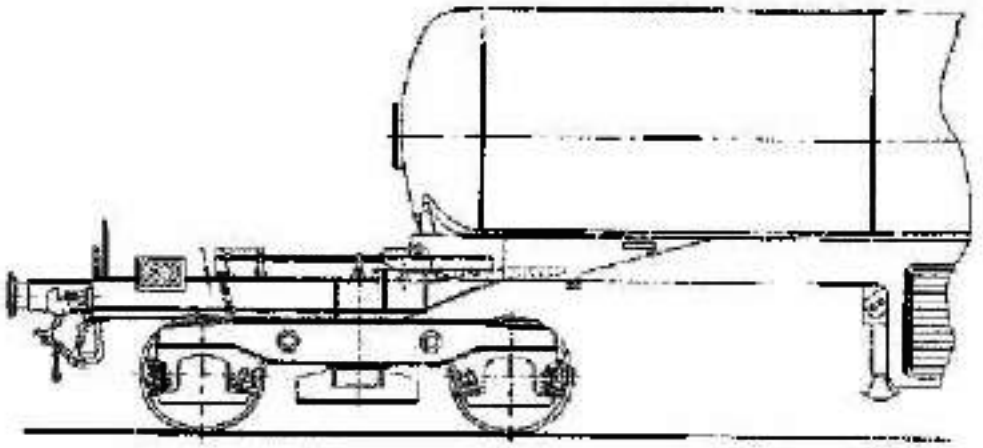


*Рис. 4* **Положення напівпричепа на кінцевому візку**

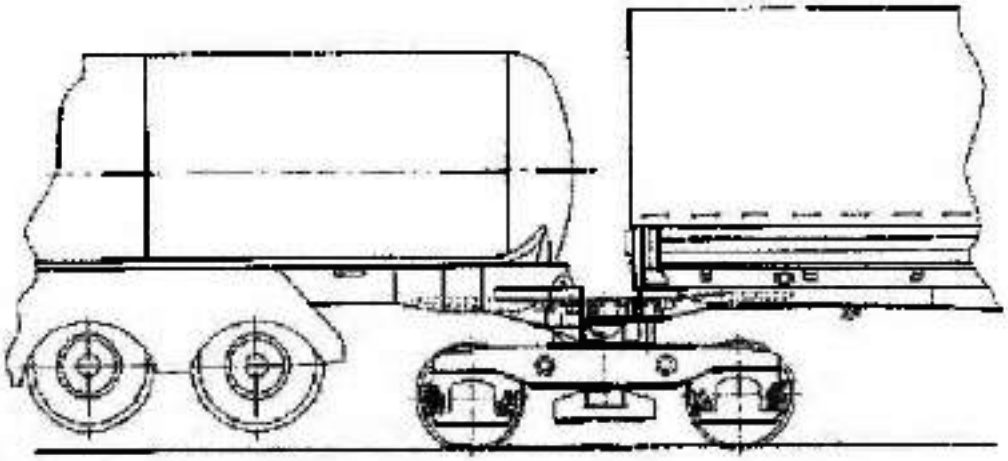


*Рис. 5.* **Положення напівпричепів на кінцевому візку**

Як випливає із наведених вище матеріалів, технічні засоби бімодальної системи перевезень вантажів принципово відрізняються як від традиційного рухомого складу залізниць, так і від автомобільного транспорту. Для їх проектування та виготовлення необхідні відповідні норми проектування, нормативи з міцності, гальм, ходових динамічних якостей. При постановці завдання впровадження на українських залізницях бімодальної системи перевезень вантажів початковим етапом досліджень слід вважати формування нормативної бази, що визначає як вимоги до зазначених систем і обладнання, так і умови експлуатації такого рухомого складу .

## ЛІТЕРАТУРА

1. Памятка МСЖД 597 OR. Комбинированная колейно-дорожная транспортная система. Полуприцепы на тележках. Характеристики. // Повторное издание. 01.07.93.

2. Памятка МСЖД 520 OR. Вагоны грузовые, пассажирские и багажные. Тяговые устройства. Стандартные требования.

3. Памятка МСЖД 526-1 OR. Вагоны грузовые. Буфера с ходом 105 мм.

4. Памятка МСЖД 510-1 O. Вагоны грузовые. Ходовая часть. Стандартные размеры.

5. Marian Medwid. Tabor bimodalny do przewozow kombinowanych kolejowo-drogowych. Instytut Pojazdow Szynowych. Poznan.

*УДК 001.891.5:[629.4.014.62-592.004:621.891]*

***Водяников Ю.Я.***
***Сафронов О.М.***
***Яланський М.І.***
***Пятаков О.О.***

# ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ КОЕФІЦІЄНТА ТЕРТЯ

***Приведені результати експериментальних досліджень з визначенням величини коефіцієнта тертя між поверхнями диска і накладки при екстрених пневматичних гальмуваннях пасажирського вагона моделі 61-779 для швидкостей (40-160) км/год.***

Найважливішою вимогою до фрикційної пари диск-накладка (колесо-колодка) є забезпечення стабільного значення коефіцієнта тертя в широкому діапазоні зміни температури і швидкості руху при гальмуванні. Тому дослідження, пов'язані з експериментальним визначенням фактичних значень коефіцієнта тертя між поверхнями диска і накладки при реальних умовах експлуатації, є актуальними. Експериментальні дослідження проводилися на пасажирському вагоні моделі 61-779 з дисковими гальмами виробництва ВАТ "Крюківський вагонобудівний завод".

На пасажирських вагонах з дисковими гальмами моделі 61-779 застосовуються чавунні гальмівні диски діаметром 610 мм, товщиною 110 мм і радіусом тертя 233 мм, виготовлені із сірого чавуну з пластинчастим графітом, W610 B110 PGUP (KNORR-BREMSE). Гальмівні накладки виготовлені зі високостійких композиційних матеріалів .

Експериментальні значення коефіцієнта тертя визначалися виходячи з експериментальних значень гальмівного шляху навантаженого вагона (рис.1) і дійсного коефіцієнта гальмівного натиснення, прикладеного до поверхні кочення колеса.

Для визначення дійсної сили гальмівного натиснення використовувалися середні значення тиску повітря в гальмівних циліндрах (табл. 1), які були зареєстровані у процесі випробувань, а сили натиснення гальмівних накладок на диск визначалися для котлового і некотлового візків по формулі:

$$K_c = \frac{F p_u - F_u}{m} i_{pc} \eta_{pm} \qquad (1)$$

де F- площа поршня гальмівного циліндра, для котлового візка $F = 105 \cdot 10^{-4}$ м², для некотлового - $F = 95 \cdot 10^{-4}$ м²;

$p_u$ - тиск повітря в гальмівному циліндрі, МПа;

$F_u$ - зусилля зворотної пружини циліндра, 0,630 кН;

$m$ - число накладок , на які навантаження передається від одного циліндра, $m$=2;
$i_{pn}$ - передаточне число гальмівного блоку, $i_{pn}$ = 11,41;
$\eta_{pn}$ - КПД клішового механізму гальмівного блоку, $\eta_{pn}$ = 0,97.

Значення дійсних сил натиснення накладки на диск у діапазоні швидкостей (40-160) км/год зображені на рис. 2, а результати визначення величини дійсного гальмівного коефіцієнта - у таблиці 2, при цьому враховувалися наступні значення параметрів вагона: брутто - 609,188 кН, радіус тертя гальмівного диска - 233 мм, радіус кочення колеса - 479 мм.

Коефіцієнт тертя $\varphi_{н}$ досліджуваного об'єкта для швидкості руху на початку гальмування $V_0$ визначався з рівняння [1]:

$$S - \frac{1000}{V}\int_0^{V_1}\frac{V_1 dV}{1000J_{\varphi}\varepsilon + W_{кн}} = 0 \qquad (2)$$

де $V_1$ - швидкість руху на початку гальмування, км/год;
$\varsigma$ - сповільнення при дії питомої гальмівної сили, м/с$^2$;
$\varphi_н$ - дійсний коефіцієнт тертя накладки і диска;
$W_{кн}$ - основний питомий опір руху пасажирських вагонів.

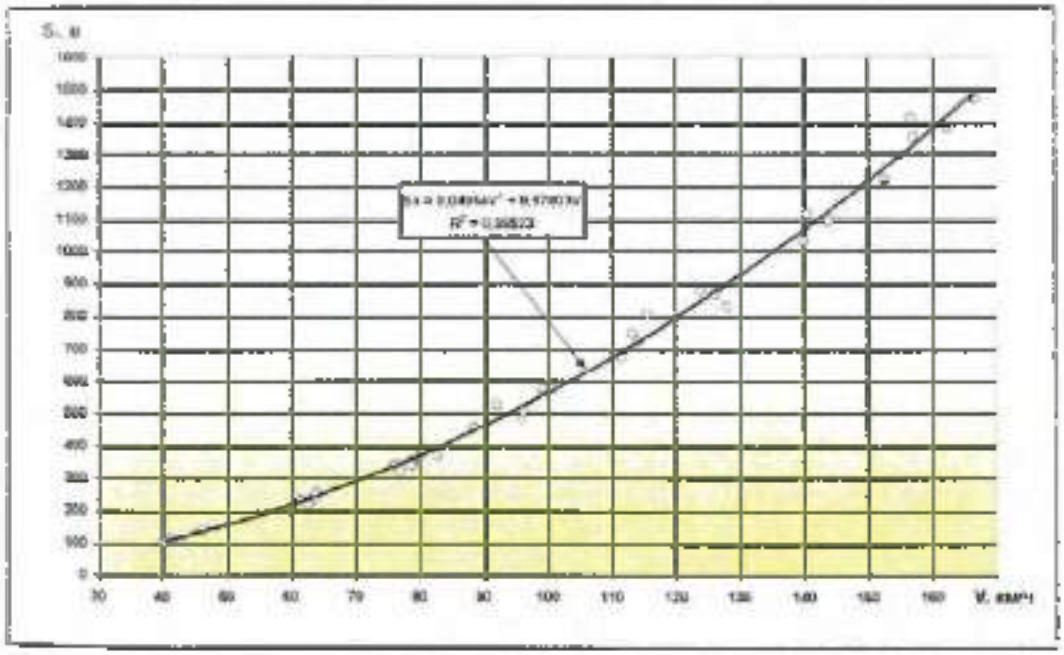



*Рис.1.* **Гальмівний шлях пасажирського навантаженого вагона на площадці при екстреному пневматичному гальмуванні**

*Табл. 1.* **Значення тиску повітря (МПа) у гальмівних циліндрах, які були реалізовані в процесі проведення екстрених пневматичних гальмувань при поїзних випробуваннях пасажирського вагона з дисковими гальмами**

| Швидкість на початку гальмування, км/год | Гальмівний циліндр на першій колісній парі котлового візка | Гальмівний циліндр на другій колісній парі котлового візка | Гальмівний циліндр на третій колісній парі некотлового візка | Гальмівний циліндр на четвертій колісній парі некотлового візка |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 61,5 | 0,420 | 0,405 | 0,420 | 0,410 |
| 76,1 | 0,420 | 0,410 | 0,430 | 0,410 |
| 99,4 | 0,420 | 0,405 | 0,420 | 0,410 |
| 80,3 | 0,420 | 0,405 | 0,430 | 0,410 |
| 40,5 | 0,425 | 0,410 | 0,430 | 0,410 |
| 63,6 | 0,405 | 0,390 | 0,410 | 0,400 |
| 78,8 | 0,405 | 0,390 | 0,410 | 0,405 |
| 99,4 | 0,405 | 0,390 | 0,410 | 0,400 |
| 123,9 | 0,405 | 0,390 | 0,410 | 0,400 |
| 46,4 | 0,405 | 0,390 | 0,410 | 0,400 |
| 80,4 | 0,405 | 0,390 | 0,410 | 0,400 |
| 100,8 | 0,405 | 0,390 | 0,410 | 0,400 |
| 115,6 | 0,405 | 0,390 | 0,410 | 0,400 |
| 62,7 | 0,410 | 0,390 | 0,410 | 0,400 |
| 76,9 | 0,405 | 0,390 | 0,410 | 0,400 |
| 95,9 | 0,405 | 0,390 | 0,410 | 0,400 |
| 82,7 | 0,405 | 0,390 | 0,410 | 0,400 |
| 41,4 | 0,405 | 0,390 | 0,410 | 0,400 |
| 111,5 | 0,405 | 0,390 | 0,410 | 0,400 |
| 96,2 | 0,405 | 0,390 | 0,410 | 0,400 |
| 63,9 | 0,405 | 0,390 | 0,410 | 0,400 |
| 114,2 | 0,405 | 0,390 | 0,410 | 0,400 |
| 113,3 | 0,410 | 0,390 | 0,410 | 0,400 |
| 92,1 | 0,405 | 0,390 | 0,410 | 0,400 |
| 35,7 | 0,405 | 0,390 | 0,410 | 0,400 |
| Середнє значення | 0,409 | 0,393 | 0,413 | 0,402 |

*Табл.2.* **Результати розрахунку дійсного коефіцієнта гальмівного натиснення накладок на диски, приведеного до поверхні кочення колеса**

| Візок | Середня величина дійсної сили натиснення накладки на диск, кН | Дійсна сила натиснення накладки на диск, приведена до поверхні кочення колеса, кН |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Котловий візок | 19,80 | 9,63 |
| | 18,91 | 9,20 |
| Некотловий візок | 16,78 | 8,16 |
| | 16,30 | 7,93 |
| Сумарна величина сил натиснення усіх накладок | 287,15 | 139,68 |
| Дійсний коефіцієнт сили натиснення накладок на диски, приведений до поверхні кочення колеса | | 0,229 |

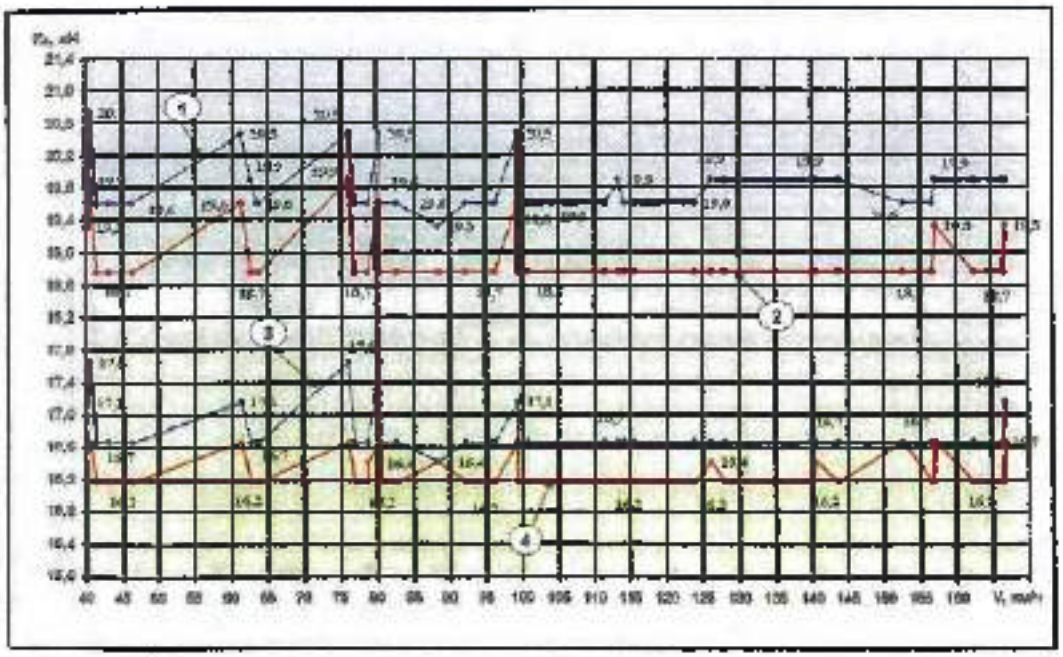


*Рис. 2.* **Дійсні сили натиснення накладки на диск**

1)- зовнішня колісна пара котлового візка ;
2)- внутрішня колісна пара котлового візка ;
3)- внутрішня колісна пара некотлового візка;
4)- зовнішня колісна пара візка некотлового візка.

$W_{ox}$ - основний питомий опір руху пасажирських вагонів визначається з формули [1]:

$$W_{ox} = 0,7 + \frac{8 + 0,16 \cdot V + 0,0023 \cdot V^2}{q_0} \quad (3)$$

$\delta_0$- дійсний гальмівний коефіцієнт, приведений до поверхні кочення колеса, що не залежить від швидкості руху на початку гальмування, а його величина пропорційна зміні тиску в гальмівному циліндрі, при цьому залежність зміни гальмівного коефіцієнта від часу гальмування визначається рівнянням, отриманим за результатами стаціонарних гальмівних випробувань:

$$\vartheta_\delta(t) = \begin{cases} t < t_p \rightarrow g(t) \cdot \vartheta_\delta = (-0,0228 \cdot t^2 + 0,3003 \cdot t) \cdot \vartheta_\delta \\ t \geq t_p \rightarrow \vartheta_\delta \end{cases} \quad (4)$$

де $t_p$ - час наповнення гальмівного циліндра до сталого тиску, с.

Графік зміни величини коефіцієнта тертя від швидкості руху на початку гальмування представлений на рис. 3

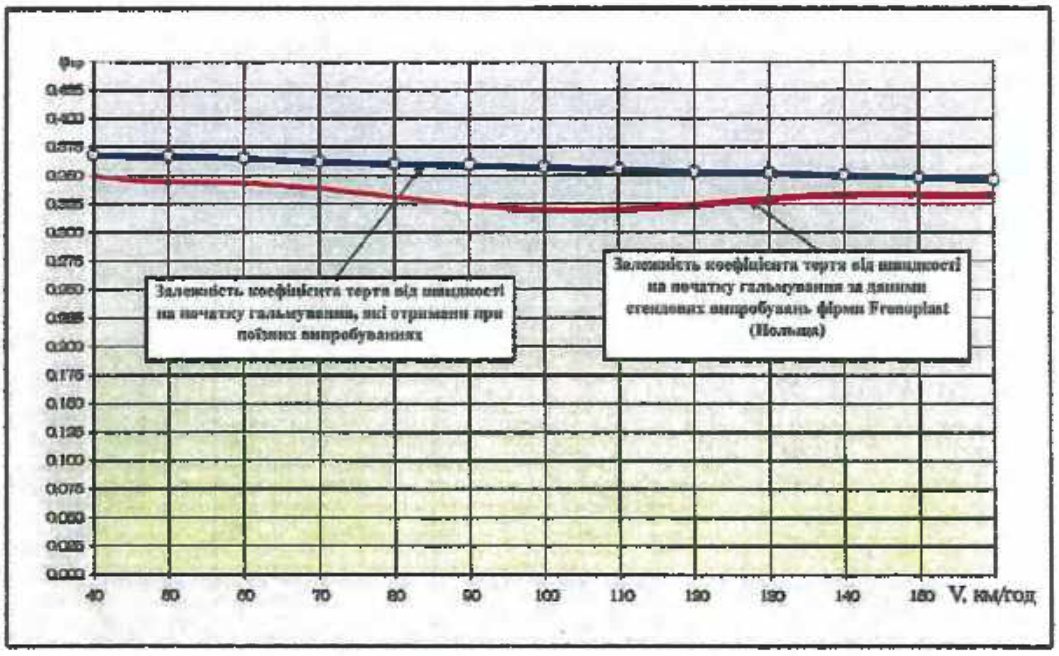



*Рис. 3.* **Графік зміни величини коефіцієнта тертя між накладкою й диском при пневматичному гальмуванні.**

Виконані дослідження показали, що коефіцієнт тертя для матеріалів диска й накладки пасажирського вагона моделі 61-779 має стабільне значення в діапазоні швидкостей (40-160) км/год, при цьому різниця між мінімальним значенням (0,339 при швидкості 160 км/год) і максимальним (0,36 при швидкості 40 км/год) становить 0,021 або 6% від середнього значення коефіцієнта тертя, рівного 0,3495.

ЛІТЕРАТУРА

1. П.Т.Гребенюк. Правила тормозных расчетов. - М.: Интекст, 2004. -112 с.

2. В.Г. Иноземцев, П.Т.Гребенюк. Нормы и методы расчета автотормозов.-М.:Транспорт, 1979.-56 с.

3. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм ( несамоходных ), ВНИИВ, ВНИИЖТ.- М.,1983. С изменениями и дополнениями 2000 г.

4. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных), ГосНИИВ-ВНИИЖТ, М., 1996. С изменениями и дополнениями 1996 г. и 2000 г.

5. 61.779Э.ТЗ Техническое задание «Вагон пассажирский купейный, спальный, локомотивной тяги».

*УДК 629.4.014.7-592.004:004.054.382.7*

***Водянніков Ю.Я.***
***Сафронов О.М.,***
***Яланський М.І.***

# ОЦІНКА ГАЛЬМІВНОГО ШЛЯХУ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ НА ОСНОВІ АНАЛІТИЧНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПРОГРАМИ «EXCEL»

***Приведені аналітичні залежності для визначення гальмівного шляху вантажного поїзда при заданій швидкості руху і величині розрахункового коефіцієнта сили натиснення композиційних і чавунних колодок. Показано реалізацію методу за допомогою програми «Excel». Наведено номограми, а також аналітичні залежності для перерахунку розрахункового коефіцієнта сили натиснення композиційних колодок на чавунні.***

До цього часу для визначення гальмівного шляху вантажного поїзда застосовуються спеціальні таблиці, які відображають значення гальмівних шляхів залежно від величини розрахункового коефіцієнта сили натиснення композиційних або чавунних колодок і швидкості руху ( табл.1 і 2). Для заданої швидкості руху і розрахункового коефіцієнта сили натиснення колодок гальмівний шлях вантажного поїзда визначають методом інтерполяції, що викликає певні труднощі.

Більше зручним для визначення гальмівного шляху вантажного поїзда є номограми, побудовані по таблицях 1 і 2, точність визначення гальмівного шляху по номограмах залежить від масштабу відображення номограми та ціни поділки координатних осей.

Аналіз номограм (рис. 1 і 2) свідчить, що залежність гальмівного шляху вантажного поїзда від величини розрахункового коефіцієнта сили натиснення гальмівних колодок і швидкості руху описується статистичною функцією:

$$S(V,\mathrm{d}) = a(V)\cdot \mathrm{d}^{b(V)} \qquad (1)$$

де $S(V, \delta)$ - гальмівний шлях вантажного поїзда при заданих значеннях швидкості $V$, *км/год* і розрахункового гальмівного коефіцієнта δ;

a (V), b(V) - коефіцієнти рівняння (1), що залежать від швидкості руху.

Рівняння (1) представляє безперервну функцію залежності гальмівного шляху від розрахункового гальмівного коефіцієнта і дозволяє виключити визначення гальмівного шляху методом інтерполяції.

Порівняння табличних значень гальмівних шляхів вантажного поїзда зі значеннями, отриманими за рівнянням (1) показали, що максимальні відхилення їхніх значень не перевищують 3 %, а зі збільшенням швидкості руху величина відхилення має тенденцію до зменшення (табл. 3 і 4).

Реалізація рівняння (1) може бути здійснена за допомогою програми «Excel», при цьому, у якості одного з варіантів, пропонується формула (рис. 3 і 4):

=$B3*СТУПІНЬ(D$2;$C3),

де в осередках B3 і C3 перебувають значення коефіцієнтів відповідно a і b рівняння (1), а в осередку D2 - значення розрахункового гальмівного коефіцієнта, знак $ вказує на можливість прямого копіювання формули в інші осередки.

Одним з основних видів випробувань нових моделей вагонів є гальмівні поїзні випробування, метою яких є оцінка гальмівної ефективності вагона.

Для оцінки гальмівної ефективності вантажного поїзда за результатами поїзних випробувань вагона пропонується використовувати номограми та аналітичні залежності значень розрахункового гальмівного коефіцієнта від величини гальмівного шляху (рис. 5).

Так, наприклад, при поїзних гальмівних випробуваннях вантажного вагона при швидкості 100 км/год отриманий гальмівний шлях у перерахунку на поїзд рівний 900 м, відповідно до номограми йому буде відповідати розрахунковий гальмівний коефіцієнт $\delta$ (100 *км/год* ) = 0,207 (див. рис. 5).

При використанні аналітичної залежності (рис.5 - рівняння (7)), одержимо:

$\delta(100\ км/год) = 2115.34652 \cdot 900^{-1.25565} = 0{,}209$, а методом інтерполяції за даними табл. 1 – $\delta(100\ км/год) = 0{,}208$.

Виконаний розрахунок показує про практичний збіг результатів обчислень розрахункового гальмівного коефіцієнта трьома способами.

Для допустимих максимальних швидкостей руху вантажних поїздів установлюється єдине найменше гальмівне натиснення в перерахунку на чавунні колодки на кожні 100 тс ваги поїзда. Тому, найважливішим показником гальмівної ефективності вантажного поїзда з композиційними колодками є еквівалентна сила натиснення чавунних колодок (розрахунковий коефіцієнт сили натиснення композиційних колодок у перерахунку на чавунні).

На підставі рівності гальмівних шляхів вантажного поїзда з композиційними (див. табл. 1) і чавунними колодками (див. табл. 2) отримана номограма для визначення розрахункових коефіцієнтів сил натиснення композиційних колодок у перерахунку на чавунні (рис.6), причому залежність між розрахунковими гальмівними коефіцієнтами композиційних ($\delta_к$) і чавунних ($\delta_ч$) колодок описується лінійним рівнянням:

$$\mathbf{d}_ч = a(V) \cdot \mathbf{d}_к \qquad (2)$$

де V - швидкість руху, км/год.

Еквівалентне значення розрахункового гальмівного коефіцієнта сили натиснення чавунних колодок вантажного поїзда відповідному розрахунковому коефіцієнту сили натиснення композиційних колодок $\delta_к$ =0,18 для швидкості 120 км/год із використанням номограми склало 0,48 (див. рис. 6)

*Табл. 1.* **Гальмівні шляхи вантажних поїздів при композиційних колодках за площадці в метрах (Пам'ятка Р 549/3)**

| $V_0$ км/год | Розрахунковий гальмівний коефіцієнт | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,1 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,2 | 0,22 | 0,24 | 0,26 | 0,28 | 0,3 | 0,32 | 0,34 | 0,36 | 0,38 | 0,4 | 0,42 | 0,44 | 0,46 | 0,48 | 0,5 |
| 10 | 31 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 25 | 24 | 24 | 24 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 |
| 15 | 56 | 52 | 49 | 46 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 38 | 37 | 37 | 36 | 36 | 36 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| 20 | 88 | 80 | 74 | 70 | 66 | 64 | 61 | 60 | 58 | 57 | 55 | 54 | 53 | 53 | 52 | 51 | 51 | 50 | 50 | 49 | 49 |
| 25 | 126 | 113 | 104 | 97 | 92 | 88 | 84 | 81 | 79 | 77 | 75 | 73 | 72 | 71 | 69 | 68 | 67 | 67 | 66 | 65 | 64 |
| 30 | 171 | 153 | 140 | 130 | 122 | 116 | 110 | 106 | 103 | 99 | 97 | 94 | 92 | 90 | 89 | 87 | 86 | 85 | 83 | 82 | 81 |
| 35 | 224 | 199 | 180 | 167 | 156 | 147 | 140 | 134 | 129 | 125 | 121 | 118 | 115 | 112 | 110 | 108 | 106 | 104 | 103 | 101 | 100 |
| 40 | 284 | 250 | 226 | 208 | 194 | 182 | 173 | 165 | 159 | 153 | 148 | 144 | 140 | 136 | 133 | 131 | 128 | 126 | 124 | 122 | 120 |
| 45 | 351 | 309 | 278 | 254 | 236 | 222 | 210 | 200 | 191 | 184 | 177 | 172 | 167 | 163 | 159 | 155 | 152 | 149 | 146 | 144 | 142 |
| 50 | 427 | 373 | 335 | 306 | 283 | 265 | 250 | 237 | 227 | 217 | 210 | 203 | 196 | 191 | 186 | 182 | 178 | 174 | 171 | 168 | 165 |
| 55 | 510 | 444 | 397 | 362 | 334 | 312 | 294 | 278 | 265 | 254 | 244 | 236 | 228 | 222 | 216 | 210 | 205 | 201 | 197 | 193 | 190 |
| 60 | 600 | 522 | 466 | 423 | 390 | 361 | 341 | 323 | 307 | 294 | 282 | 272 | 263 | 255 | 248 | 241 | 235 | 230 | 225 | 221 | 216 |
| 65 | 699 | 607 | 540 | 490 | 450 | 419 | 392 | 371 | 352 | 336 | 322 | 310 | 300 | 290 | 282 | 274 | 267 | 261 | 255 | 250 | 245 |
| 70 | 806 | 698 | 620 | 561 | 515 | 478 | 448 | 423 | 400 | 382 | 366 | 352 | 339 | 328 | 318 | 309 | 301 | 293 | 287 | 280 | 275 |
| 75 | 921 | 797 | 706 | 638 | 585 | 542 | 507 | 477 | 452 | 431 | 412 | 395 | 381 | 368 | 356 | 346 | 337 | 328 | 320 | 313 | 306 |
| 80 | 1044 | 902 | 798 | 720 | 659 | 610 | 570 | 536 | 507 | 482 | 461 | 442 | 425 | 411 | 397 | 385 | 375 | 365 | 356 | 347 | 340 |
| 85 | 1175 | 1014 | 897 | 808 | 738 | 682 | 636 | 598 | 565 | 537 | 513 | 491 | 472 | 456 | 441 | 427 | 415 | 403 | 393 | 384 | 375 |
| 90 | 1315 | 1133 | 1001 | 901 | 822 | 759 | 707 | 664 | 627 | 595 | 568 | 543 | 522 | 503 | 486 | 471 | 457 | 444 | 433 | 422 | 412 |
| 95 | 1462 | 1258 | 1111 | 999 | 911 | 840 | 782 | 733 | 692 | 656 | 625 | 598 | 574 | 553 | 534 | 517 | 501 | 487 | 474 | 462 | 451 |
| 100 | 1618 | 1391 | 1227 | 1102 | 1004 | 926 | 861 | 806 | 760 | 721 | 686 | 656 | 629 | 605 | 584 | 565 | 548 | 532 | 517 | 504 | 492 |
| 105 | 1782 | 1531 | 1340 | 1211 | 1103 | 1015 | 944 | 883 | 832 | 788 | 750 | 717 | 687 | 661 | 637 | 616 | 596 | 579 | 563 | 548 | 534 |
| 110 | 1954 | 1678 | 1477 | 1325 | 1206 | 1110 | 1030 | 964 | 908 | 859 | 817 | 780 | 747 | 718 | 692 | 668 | 647 | 628 | 610 | 594 | 579 |
| 115 | 2134 | 1831 | 1612 | 1445 | 1314 | 1208 | 1121 | 1048 | 986 | 933 | 887 | 846 | 810 | 778 | 750 | 724 | 700 | 679 | 659 | 641 | 625 |
| 120 | 2322 | 1992 | 1752 | 1570 | 1427 | 1311 | 1216 | 1136 | 1069 | 1010 | 960 | 915 | 876 | 841 | 809 | 781 | 755 | 732 | 711 | 691 | 673 |
| 125 | 2518 | 2159 | 1898 | 1700 | 1544 | 1419 | 1315 | 1228 | 1154 | 1091 | 1036 | 987 | 944 | 906 | 872 | 841 | 813 | 787 | 764 | 743 | 723 |
| 130 | 2721 | 2333 | 2051 | 1836 | 1667 | 1530 | 1418 | 1324 | 1244 | 1175 | 1115 | 1062 | 1015 | 974 | 937 | 903 | 873 | 845 | 820 | 796 | 775 |
| 135 | 2933 | 2514 | 2209 | 1977 | 1794 | 1647 | 1525 | 1423 | 1336 | 1262 | 1197 | 1140 | 1089 | 1044 | 1004 | 968 | 935 | 905 | 877 | 852 | 829 |
| 140 | 3153 | 2702 | 2374 | 2123 | 1926 | 1767 | 1636 | 1526 | 1432 | 1352 | 1282 | 1220 | 1166 | 1117 | 1074 | 1034 | 999 | 966 | 937 | 910 | 884 |

*Табл. 2.* Гальмівний шлях вантажних поїздів при чавунних колодках на площадці в метрах

| $V_0$, км/год | Розрахунковий гальмівний коефіцієнт | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 |
| 10 | 38 | 32 | 29 | 27 | 26 | 25 | 24 | 24 | 23 | 21 | 23 | 22 | 22 | 22 | 22 |
| 15 | 74 | 60 | 52 | 48 | 45 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 36 | 35 | 35 |
| 20 | 125 | 97 | 83 | 74 | 69 | 64 | 61 | 59 | 57 | 55 | 54 | 55 | 52 | 51 | 50 |
| 25 | 192 | 146 | 122 | 108 | 98 | 91 | 86 | 82 | 78 | 76 | 73 | 72 | 70 | 69 | 67 |
| 30 | 275 | 206 | 170 | 148 | 133 | 123 | 115 | 109 | 104 | 100 | 96 | 93 | 91 | 89 | 87 |
| 35 | 377 | 278 | 228 | 196 | 175 | 160 | 149 | 140 | 133 | 127 | 122 | 118 | 115 | 112 | 109 |
| 40 | 499 | 365 | 295 | 253 | 224 | 204 | 188 | 176 | 167 | 159 | 152 | 146 | 141 | 137 | 134 |
| 45 | 640 | 465 | 374 | 318 | 281 | 254 | 233 | 217 | 205 | 194 | 185 | 178 | 171 | 166 | 161 |
| 50 | 802 | 579 | 463 | 392 | 344 | 310 | 284 | 264 | 247 | 234 | 223 | 213 | 205 | 198 | 191 |
| 55 | 985 | 708 | 564 | 476 | 416 | 373 | 340 | 315 | 295 | 278 | 264 | 252 | 242 | 233 | 225 |
| 60 | 1189 | 853 | 677 | 569 | 496 | 443 | 403 | 372 | 347 | 326 | 309 | 295 | 283 | 271 | 262 |
| 65 | 1416 | 1013 | 801 | 672 | 584 | 520 | 472 | 433 | 404 | 380 | 359 | 341 | 326 | 313 | 301 |
| 70 | 1663 | 1188 | 938 | 784 | 680 | 605 | 548 | 503 | 467 | 437 | 413 | 392 | 374 | 358 | 345 |
| 75 | 1933 | 1379 | 1087 | 907 | 785 | 696 | 630 | 577 | 535 | 500 | 471 | 447 | 426 | 407 | 391 |
| 80 | 2224 | 1586 | 1249 | 1040 | 898 | 796 | 718 | 657 | 608 | 568 | 534 | 506 | 481 | 460 | 441 |
| 85 | 2537 | 1808 | 1422 | 1183 | 1020 | 903 | 813 | 743 | 687 | 641 | 602 | 569 | 541 | 516 | 494 |
| 90 | 2872 | 2047 | 1609 | 1337 | 1151 | 1017 | 915 | 836 | 771 | 718 | 674 | 636 | 604 | 576 | 551 |
| 95 | 3227 | 2301 | 1807 | 1500 | 1291 | 1139 | 1024 | 934 | 861 | 801 | 751 | 708 | 672 | 640 | 612 |
| 100 | 3603 | 2571 | 2019 | 1675 | 1440 | 1269 | 1140 | 1038 | 957 | 889 | 833 | 785 | 743 | 708 | 676 |
| 105 | 4000 | 2856 | 2242 | 1859 | 1597 | 1407 | 1263 | 1149 | 1058 | 982 | 919 | 865 | 819 | 779 | 744 |
| 110 | 4416 | 3156 | 2478 | 2054 | 1764 | 1553 | 1392 | 1266 | 1164 | 1081 | 1010 | 951 | 899 | 855 | 815 |
| 115 | 4852 | 3472 | 2726 | 2259 | 1939 | 1706 | 1529 | 1389 | 1277 | 1184 | 1106 | 1040 | 983 | 934 | 891 |
| 120 | 5307 | 3802 | 2987 | 2475 | 2123 | 1867 | 1672 | 1519 | 1395 | 1293 | 1207 | 1135 | 1072 | 1017 | 969 |

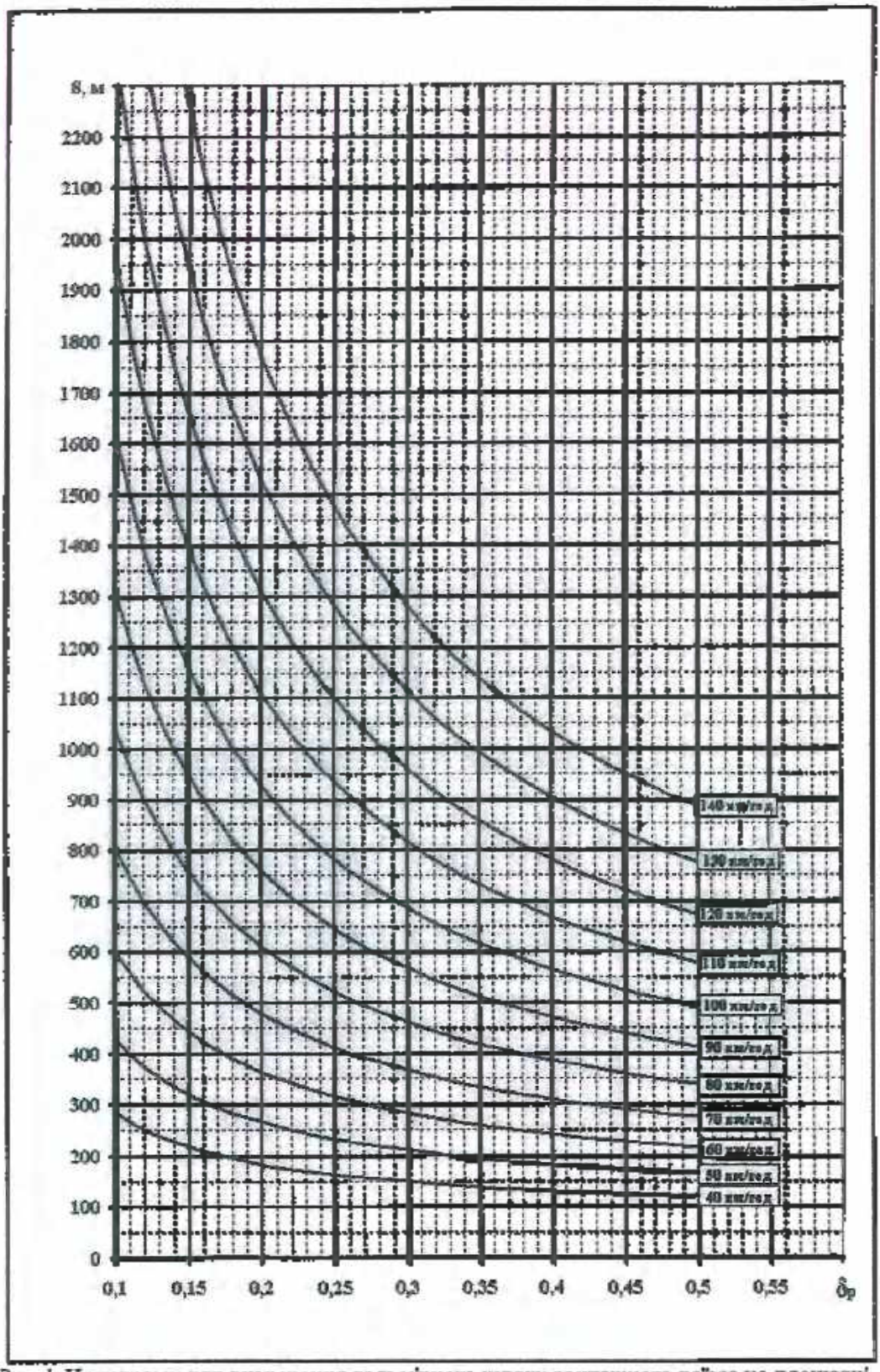



*Рис. 1.* **Номограми для визначення гальмівного шляху вантажного поїзда на площадці при композиційних колодках**

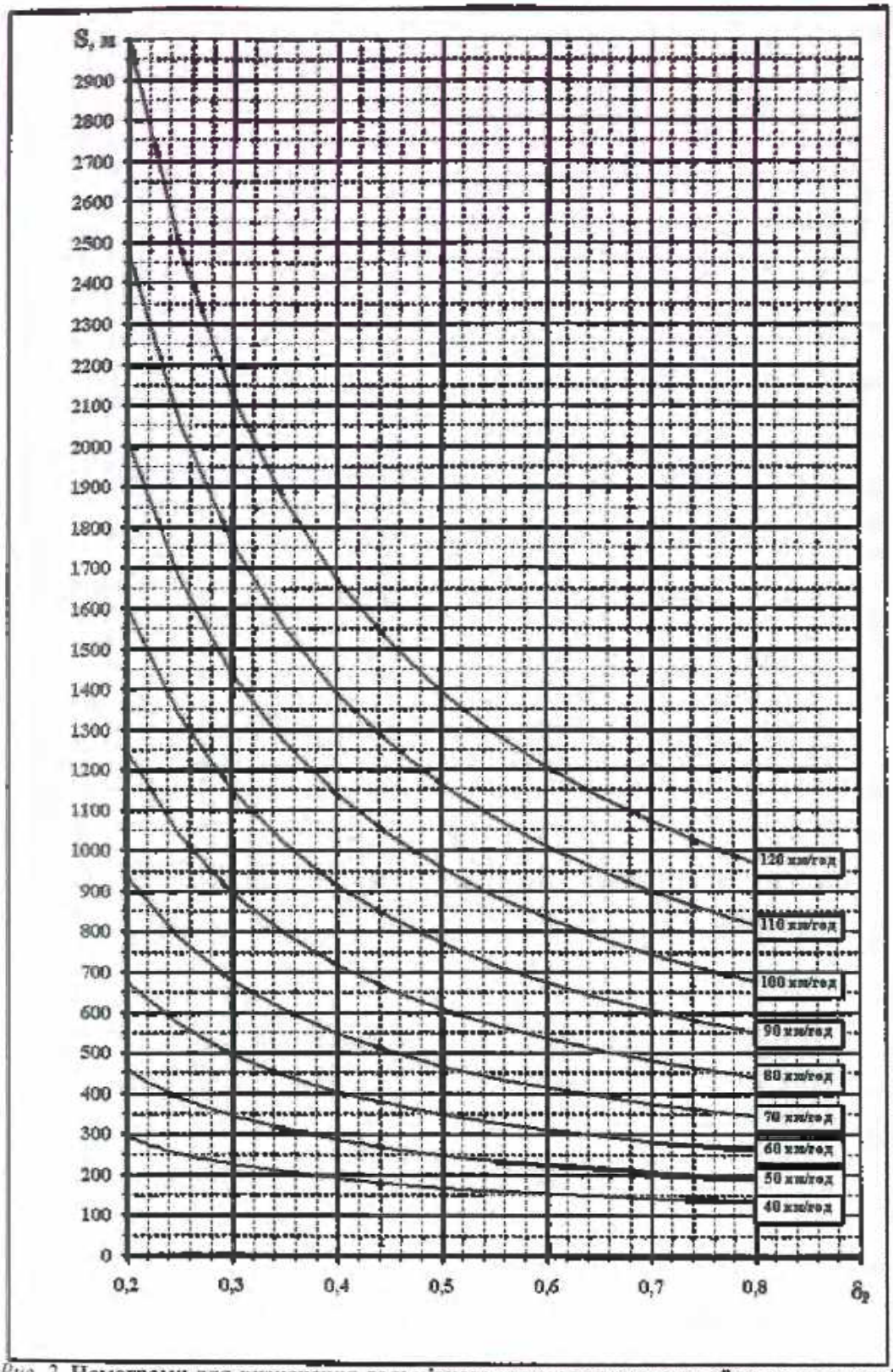


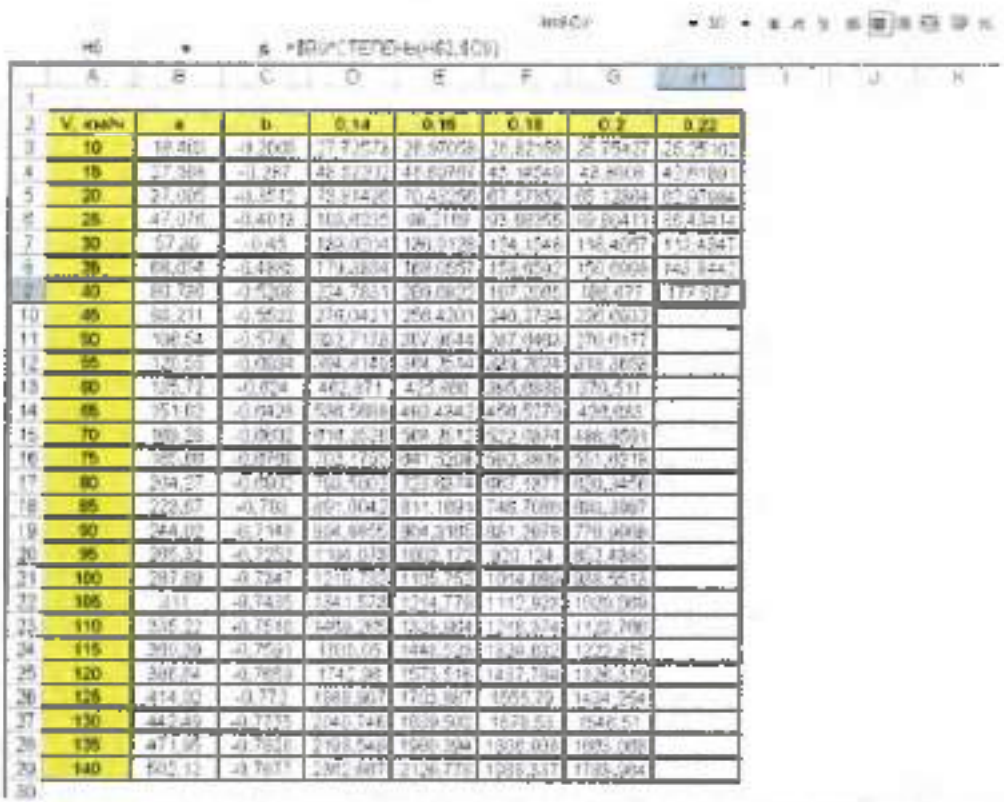

*Рис. 2.* **Номограми для визначення гальмівного шляху вантажного поїзда на площадці при чавунних колодках**

*Табл. 3.* **Таблиця значень гальмівних шляхів вантажного поїзда з композиційними колодками на площадці, обчислених по рівнянню (1), та їхнього відхилення в порівнянні з табличними значеннями (у дужках показані табличні значення - табл. 1)**

| $V_0$ км/год | Коефіцієнти рівняння (1) | | $S(V_0,\delta)=a(V_0)\cdot\delta^{b(V_0)}$ | | | | | Відхилення гальмівних шляхів, % | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Розрахункові коефіцієнти сили натискання гальмових колодок | | | | | | | | | |
| | a | b | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,2 | 0,22 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,2 | 0,22 |
| 10 | 18,463 | -0,2068 | 28 (28) | 27 (27) | 26 (26) | 26 (25) | 25 (25) | 0,98 | 0,11 | 1,24 | 3,02 | 1,01 |
| 15 | 27,598 | -0,287 | 49 (49) | 47 (46) | 45 (44) | 44 (43) | 43 (42) | 0,98 | 1,52 | 2,60 | 1,86 | 1,47 |
| 20 | 37,005 | -0,3512 | 74 (74) | 70 (70) | 68 (66) | 65 (64) | 63 (61) | 0,25 | 0,62 | 2,39 | 1,76 | 3,25 |
| 25 | 47,076 | -0,4013 | 104 (104) | 98 (97) | 94 (92) | 90 (88) | 86 (84) | 0,36 | 1,25 | 1,83 | 2,05 | 2,90 |
| 30 | 57,39 | -0,45 | 139 (140) | 131 (130) | 124 (122) | 118 (116) | 113 (110) | 0,70 | 0,70 | 1,77 | 2,07 | 3,12 |
| 35 | 68,654 | -0,4885 | 179 (180) | 168 (167) | 159 (156) | 151 (147) | 144 (140) | 0,34 | 0,63 | 1,70 | 2,52 | 2,75 |
| 40 | 80,736 | -0,5208 | 225 (226) | 210 (208) | 197 (194) | 187 (183) | 178 (175) | 0,54 | 0,81 | 1,65 | 2,57 | 2,68 |
| 45 | 93,211 | -0,5522 | 276 (278) | 256 (254) | 240 (236) | 227 (222) | 215 (210) | 0,70 | 0,95 | 1,81 | 2,11 | 2,41 |
| 50 | 106,54 | -0,5792 | 333 (335) | 308 (306) | 288 (283) | 271 (265) | 256 (250) | 0,68 | 0,64 | 1,64 | 2,12 | 2,43 |
| 55 | 120,55 | -0,6034 | 395 (397) | 364 (362) | 339 (334) | 318 (312) | 301 (294) | 0,35 | 0,62 | 1,58 | 2,04 | 2,24 |
| 60 | 135,72 | -0,624 | 463 (466) | 426 (423) | 396 (390) | 371 (363) | 349 (341) | 0,67 | 0,68 | 1,46 | 2,07 | 2,38 |
| 65 | 151,62 | -0,6428 | 537 (540) | 492 (490) | 457 (450) | 427 (419) | 401 (392) | 0,64 | 0,50 | 1,45 | 1,82 | 2,37 |
| 70 | 168,28 | -0,6602 | 616 (620) | 564 (561) | 522 (515) | 487 (478) | 457 (448) | 0,60 | 0,58 | 1,37 | 1,87 | 2,07 |
| 75 | 185,66 | -0,6766 | 702 (706) | 642 (638) | 592 (585) | 552 (542) | 517 (507) | 0,54 | 0,55 | 1,26 | 1,78 | 2,01 |
| 80 | 204,27 | -0,6902 | 794 (798) | 724 (720) | 667 (659) | 620 (610) | 581 (570) | 0,56 | 0,51 | 1,23 | 1,70 | 1,90 |
| 85 | 223,67 | -0,703 | 891 (897) | 811 (808) | 747 (738) | 695 (682) | 648 (636) | 0,67 | 0,39 | 1,18 | 1,67 | 1,96 |
| 90 | 244,02 | -0,7148 | 995 (1001) | 904 (901) | 831 (822) | 771 (759) | 720 (707) | 0,61 | 0,37 | 1,13 | 1,58 | 1,87 |
| 95 | 265,32 | -0,7252 | 1104 (1111) | 1002 (999) | 920 (911) | 852 (840) | 796 (782) | 0,62 | 0,32 | 1,00 | 1,48 | 1,73 |
| 100 | 287,69 | -0,7347 | 1220 (1227) | 1106 (1102) | 1014 (1004) | 939 (926) | 875 (861) | 0,59 | 0,34 | 1,00 | 1,36 | 1,64 |
| 105 | 311 | -0,7435 | 1342 (1349) | 1215 (1211) | 1113 (1103) | 1029 (1015) | 959 (944) | 0,55 | 0,31 | 0,90 | 1,39 | 1,55 |
| 110 | 335,22 | -0,7516 | 1469 (1477) | 1329 (1325) | 1216 (1206) | 1124 (1110) | 1046 (1030) | 0,52 | 0,30 | 0,86 | 1,24 | 1,56 |
| 115 | 360,39 | -0,7591 | 1603 (1612) | 1449 (1445) | 1325 (1314) | 1223 (1208) | 1137 (1121) | 0,56 | 0,24 | 0,81 | 1,23 | 1,47 |
| 120 | 386,64 | -0,7659 | 1743 (1752) | 1574 (1570) | 1438 (1427) | 1326 (1311) | 1233 (1216) | 0,52 | 0,22 | 0,76 | 1,17 | 1,39 |
| 125 | 414,02 | -0,772 | 1889 (1898) | 1704 (1700) | 1556 (1544) | 1434 (1419) | 1333 (1315) | 0,48 | 0,23 | 0,76 | 1,08 | 1,33 |
| 130 | 442,49 | -0,7775 | 2041 (2051) | 1840 (1836) | 1679 (1667) | 1547 (1530) | 1436 (1418) | 0,50 | 0,19 | 0,69 | 1,08 | 1,27 |
| 135 | 471,95 | -0,7826 | 2199 (2209) | 1980 (1977) | 1806 (1794) | 1663 (1647) | 1544 (1525) | 0,47 | 0,17 | 0,67 | 0,98 | 1,22 |
| 140 | 502,12 | -0,7877 | 2362 (2374) | 2126 (2123) | 1938 (1926) | 1784 (1767) | 1655 (1636) | 0,48 | 0,18 | 0,64 | 0,96 | 1,16 |

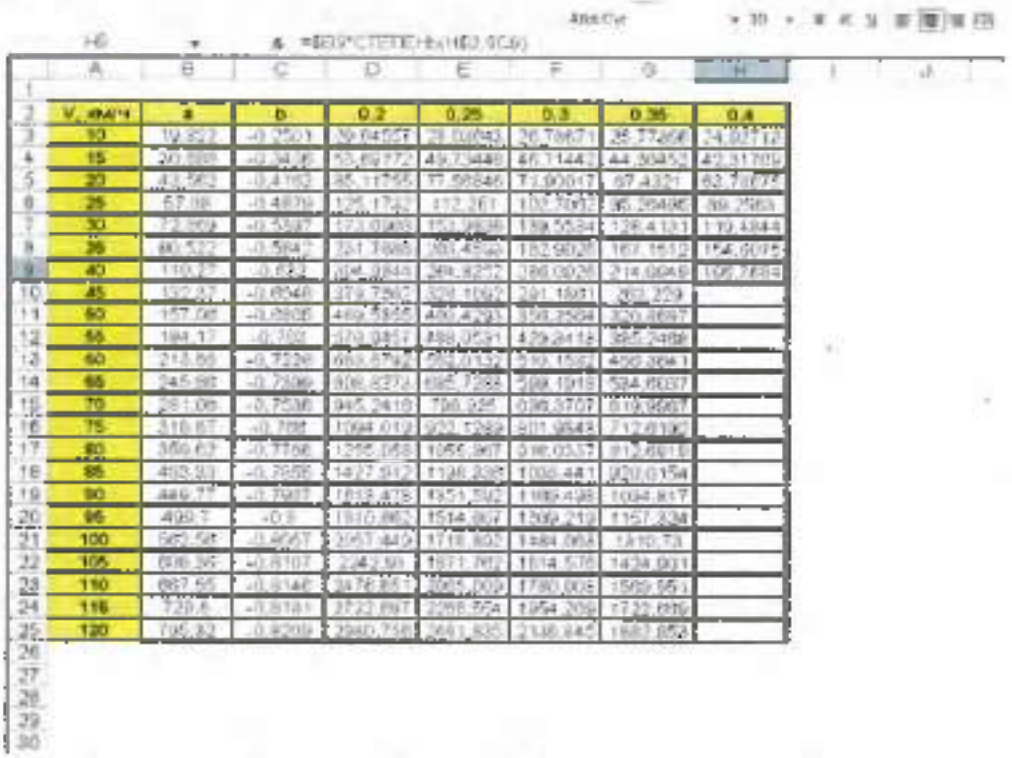
*Табл. 4.* **Таблиця значень гальмівних шляхів вантажного поїзда із чавунними колодками на площадці, обчислених по рівнянню (1), та їх відхилення в порівнянні з табличними значеннями (у дужках показані табличні значення - табл. 2)**

| *V, км/год* | *Коефіцієнти рівняння (1)* | | $S(V,\mathrm{d}) = a(V)\cdot \mathrm{d}^{b(V)}$, м | | | | | *Відхилення гальмівних шляхів, %* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | *Розрахункові коефіцієнти сили натискання композиційних колодок* | | | | | | | | | |
| | a | b | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,2 | 0,22 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,2 | 0,22 |
| 10 | 18,463 | -0,2068 | 28 (28) | 27 (27) | 26 (26) | 26 (25) | 25 (25) | 0,98 | 0,11 | 1,24 | 3,02 | 1,01 |
| 15 | 27,598 | -0,287 | 49 (49) | 47 (46) | 45 (44) | 44 (43) | 43 (42) | 0,98 | 1,52 | 2,60 | 1,86 | 1,47 |
| 20 | 37,005 | -0,3512 | 74 (74) | 70 (70) | 68 (66) | 65 (64) | 63 (61) | 0,25 | 0,62 | 2,39 | 1,76 | 3,25 |
| 25 | 47,076 | -0,4013 | 104 (104) | 98 (97) | 94 (92) | 90 (88) | 86 (84) | 0,36 | 1,25 | 1,83 | 2,05 | 2,90 |
| 30 | 57,39 | -0,45 | 139 (140) | 131 (130) | 124 (122) | 118 (116) | 113 (110) | 0,70 | 0,70 | 1,77 | 2,07 | 3,12 |
| 35 | 68,654 | -0,4885 | 179 (180) | 168 (167) | 159 (156) | 151 (147) | 144 (140) | 0,34 | 0,63 | 1,70 | 2,52 | 2,75 |
| 40 | 80,736 | -0,5208 | 225 (226) | 210 (208) | 197 (194) | 187 (182) | 178 (173) | 0,54 | 0,81 | 1,65 | 2,57 | 2,68 |
| 45 | 93,211 | -0,5522 | 276 (278) | 256 (254) | 240 (236) | 227 (222) | 215 (210) | 0,70 | 0,95 | 1,81 | 2,11 | 2,41 |
| 50 | 106,54 | -0,5792 | 333 (335) | 308 (306) | 288 (283) | 271 (265) | 256 (250) | 0,68 | 0,64 | 1,64 | 2,12 | 2,43 |
| 55 | 120,55 | -0,6034 | 395 (397) | 364 (362) | 339 (334) | 318 (312) | 301 (294) | 0,55 | 0,62 | 1,58 | 2,04 | 2,24 |
| 60 | 135,72 | -0,624 | 463 (466) | 426 (423) | 396 (390) | 371 (363) | 349 (341) | 0,67 | 0,68 | 1,46 | 2,07 | 2,38 |
| 65 | 151,62 | -0,6428 | 537 (540) | 492 (490) | 457 (450) | 427 (419) | 401 (392) | 0,64 | 0,50 | 1,45 | 1,82 | 2,37 |
| 70 | 168,28 | -0,6602 | 616 (620) | 564 (561) | 522 (515) | 487 (478) | 457 (448) | 0,60 | 0,58 | 1,37 | 1,87 | 2,07 |
| 75 | 185,66 | -0,6766 | 702 (706) | 642 (638) | 592 (585) | 552 (542) | 517 (507) | 0,54 | 0,55 | 1,26 | 1,78 | 2,01 |
| 80 | 204,27 | -0,6902 | 794 (798) | 724 (720) | 667 (659) | 620 (610) | 581 (570) | 0,56 | 0,51 | 1,23 | 1,70 | 1,90 |
| 85 | 223,67 | -0,703 | 891 (897) | 811 (808) | 747 (738) | 693 (682) | 648 (636) | 0,67 | 0,39 | 1,18 | 1,67 | 1,96 |
| 90 | 244,02 | -0,7148 | 995 (1001) | 904 (901) | 831 (822) | 771 (759) | 720 (707) | 0,61 | 0,37 | 1,13 | 1,58 | 1,87 |
| 95 | 265,32 | -0,7252 | 1104 (1111) | 1002 (999) | 920 (911) | 852 (840) | 796 (782) | 0,62 | 0,32 | 1,00 | 1,48 | 1,73 |
| 100 | 287,69 | -0,7347 | 1220 (1227) | 1106 (1102) | 1014 (1004) | 939 (926) | 875 (861) | 0,59 | 0,34 | 1,00 | 1,36 | 1,64 |
| 105 | 311 | -0,7435 | 1342 (1349) | 1215 (1211) | 1113 (1103) | 1029 (1015) | 959 (944) | 0,55 | 0,31 | 0,90 | 1,39 | 1,55 |
| 110 | 335,22 | -0,7516 | 1469 (1477) | 1329 (1325) | 1216 (1206) | 1124 (1110) | 1046 (1030) | 0,52 | 0,30 | 0,86 | 1,24 | 1,56 |
| 115 | 360,39 | -0,7591 | 1603 (1612) | 1449 (1445) | 1325 (1314) | 1223 (1208) | 1137 (1121) | 0,56 | 0,24 | 0,81 | 1,23 | 1,47 |
| 120 | 386,64 | -0,7659 | 1743 (1752) | 1574 (1570) | 1438 (1427) | 1326 (1311) | 1233 (1216) | 0,52 | 0,22 | 0,76 | 1,17 | 1,39 |
| 125 | 414,02 | -0,772 | 1889 (1898) | 1704 (1700) | 1556 (1544) | 1434 (1419) | 1333 (1315) | 0,48 | 0,23 | 0,76 | 1,08 | 1,33 |
| 130 | 442,49 | -0,7775 | 2041 (2051) | 1840 (1836) | 1679 (1667) | 1547 (1530) | 1436 (1418) | 0,50 | 0,19 | 0,69 | 1,08 | 1,27 |
| 135 | 471,95 | -0,7826 | 2199 (2209) | 1980 (1977) | 1806 (1794) | 1663 (1647) | 1544 (1525) | 0,47 | 0,17 | 0,67 | 0,98 | 1,22 |
| 140 | 502,12 | -0,7877 | 2362 (2374) | 2126 (2123) | 1938 (1926) | 1784 (1767) | 1655 (1636) | 0,48 | 0,18 | 0,64 | 0,96 | 1,16 |



| V, км/ч | a | b | 0.14 | 0.18 | 0.18 | 0.2 | 0.22 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 19.402 | -0.2008 | 27.73573 | 28.97059 | 28.82458 | 28.75427 | 28.75102 |
| 15 | 27.398 | -0.287 | 42.52231 | 45.62987 | 45.98549 | 46.2008 | 46.51091 |
| 20 | 37.095 | -0.3515 | 59.91428 | 70.42756 | 67.57852 | 68.12804 | 68.97094 |
| 25 | 47.076 | -0.4012 | 103.4015 | 98.2189 | 93.69255 | 99.69413 | 99.43414 |
| 30 | 57.26 | -0.45 | 129.0014 | 129.0129 | 124.1546 | 116.4097 | 110.4347 |
| 35 | 68.054 | -0.4995 | 171.2804 | 169.1557 | 158.6242 | 150.0008 | 143.1441 |
| 40 | 80.799 | -0.5508 | 224.7833 | 209.0827 | 197.2085 | 188.477 | 177.922 |
| 45 | 92.231 | -0.5922 | 276.0421 | 258.4201 | 240.2734 | 230.0603 | |
| 50 | 106.54 | -0.6736 | 350.2178 | 317.4648 | 297.0469 | 279.0177 | |
| 55 | 120.55 | -0.6934 | 404.4181 | 384.8154 | 354.7078 | 333.3652 | |
| 60 | 135.77 | -0.7524 | 482.371 | 473.888 | 395.6936 | 370.511 | |
| 65 | 151.63 | -0.8029 | 536.5898 | 460.4342 | 458.5779 | 429.093 | |
| 70 | 169.29 | -0.8503 | 616.8128 | 569.8117 | 522.0934 | 486.4501 | |
| 75 | 186.66 | -0.8998 | 691.7205 | 667.5208 | 592.3859 | 551.4519 | |
| 80 | 204.27 | -0.9502 | 768.3001 | 773.8214 | 690.1977 | 630.3474 | |
| 85 | 222.67 | -0.799 | 851.0042 | 811.1691 | 746.7095 | 690.3997 | |
| 90 | 244.02 | -0.7349 | 934.6855 | 904.2185 | 851.2078 | 779.9098 | |
| 95 | 265.31 | -0.7252 | 1136.033 | 1002.127 | 920.124 | 857.4385 | |
| 100 | 287.69 | -0.7247 | 1210.782 | 1105.751 | 1014.189 | 938.5514 | |
| 105 | 311 | -0.7435 | 1341.573 | 1214.779 | 1112.922 | 1035.069 | |
| 110 | 335.22 | -0.7516 | 1459.267 | 1326.924 | 1216.374 | 1122.788 | |
| 115 | 360.39 | -0.7591 | 1600.05 | 1448.529 | 1329.632 | 1222.455 | |
| 120 | 386.64 | -0.7663 | 1747.98 | 1573.516 | 1437.784 | 1326.319 | |
| 125 | 414.02 | -0.773 | 1888.907 | 1705.897 | 1555.29 | 1434.264 | |
| 130 | 442.49 | -0.7793 | 2040.146 | 1839.503 | 1679.53 | 1546.51 | |
| 135 | 471.95 | -0.7852 | 2193.542 | 1968.394 | 1805.016 | 1665.068 | |
| 140 | 502.12 | -0.7911 | 2362.667 | 2126.775 | 1935.337 | 1785.264 | |

*Рис. 3.* **Визначення гальмівного шляху вантажного поїзда на площадці при композиційних колодках із застосуванням програми «Excel»**



| V, км/ч | a | b | 0.2 | 0.25 | 0.3 | 0.35 | 0.4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 19.852 | -0.2501 | 29.84507 | 28.04043 | 26.79671 | 25.77366 | 24.92712 |
| 15 | 20.889 | -0.3495 | 55.69772 | 49.73448 | 46.11442 | 44.30453 | 42.31709 |
| 20 | 43.592 | -0.4193 | 85.11765 | 77.68846 | 71.90017 | 67.4321 | 62.78077 |
| 25 | 57.98 | -0.4879 | 125.1721 | 112.261 | 100.7912 | 95.29485 | 89.7583 |
| 30 | 72.909 | -0.5367 | 171.0469 | 152.2636 | 139.5534 | 128.4131 | 119.4944 |
| 35 | 88.522 | -0.5847 | 231.7665 | 201.4526 | 182.9828 | 167.1512 | 154.0075 |
| 40 | 110.77 | -0.653 | 304.2845 | 269.8272 | 239.0026 | 214.0849 | 195.7884 |
| 45 | 132.37 | -0.6946 | 379.7562 | 329.1092 | 291.1031 | 262.279 | |
| 50 | 157.06 | -0.7505 | 469.7565 | 400.4293 | 358.2568 | 320.4697 | |
| 55 | 184.17 | -0.802 | 570.0851 | 488.0531 | 429.2412 | 385.2489 | |
| 60 | 213.66 | -0.8529 | 683.6792 | 582.0132 | 510.1587 | 456.3961 | |
| 65 | 245.98 | -0.9089 | 808.8272 | 695.7265 | 598.1918 | 534.6837 | |
| 70 | 281.06 | -0.9536 | 945.2419 | 796.225 | 696.3707 | 619.9667 | |
| 75 | 318.67 | -0.998 | 1094.012 | 922.5282 | 801.9643 | 712.6106 | |
| 80 | 359.63 | -0.9766 | 1255.268 | 1066.967 | 916.0337 | 812.6618 | |
| 85 | 403.93 | -0.7695 | 1427.912 | 1196.295 | 1036.441 | 920.0154 | |
| 90 | 449.77 | -0.7997 | 1613.478 | 1351.592 | 1166.498 | 1034.817 | |
| 95 | 499.7 | -0.9 | 1810.882 | 1514.807 | 1299.212 | 1157.234 | |
| 100 | 552.58 | -0.9067 | 2017.442 | 1718.802 | 1444.064 | 1310.73 | |
| 105 | 606.36 | -0.8107 | 2242.59 | 1871.362 | 1614.576 | 1434.931 | |
| 110 | 667.55 | -0.8146 | 2478.857 | 2063.009 | 1780.005 | 1569.651 | |
| 115 | 720.8 | -0.8181 | 2722.897 | 2268.554 | 1954.209 | 1722.889 | |
| 120 | 795.82 | -0.8209 | 2980.758 | 2481.835 | 2148.442 | 1887.852 | |

*Рис. 4.* **Визначення гальмівного шляху вантажного поїзда на площадці при чавунних колодках із застосуванням програми «Excel»**

Наприклад, в таблиці 5 наведені результати перерахування розрахункового гальмівного коефіцієнта композиційних колодок рівного 0,18 на чавунні в діапазоні швидкостей (10-120) км/год.

*Табл.5.* **Результати перерахунку розрахункового коефіцієнта сили натиснення композиційних колодок на чавунні**

| Швидкість, км/год | Коефіцієнти рівняння (2) | δк | δч = a(V)·δк | Розраховані методом інтерполяції по таблицях 1 і 2 | Відхилення, % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 10 | 1,5965 | 0,18 | 0,2874 | 0,3000 | 4,21 |
| 15 | 1,7071 | 0,18 | 0,3073 | 0,3167 | 2,96 |
| 20 | 1,8062 | 0,18 | 0,3251 | 0,3300 | 1,48 |
| 25 | 1,8956 | 0,18 | 0,3412 | 0,3429 | 0,48 |
| 30 | 1,9764 | 0,18 | 0,3558 | 0,3563 | 0,14 |
| 35 | 2,0499 | 0,18 | 0,3690 | 0,3682 | 0,22 |
| 40 | 2,1168 | 0,18 | 0,3810 | 0,3813 | 0,06 |
| 45 | 2,178 | 0,18 | 0,3920 | 0,3929 | 0,21 |
| 50 | 2,2342 | 0,18 | 0,4022 | 0,4025 | 0,09 |
| 55 | 2,2858 | 0,18 | 0,4114 | 0,4120 | 0,13 |
| 60 | 2,3335 | 0,18 | 0,4200 | 0,4210 | 0,22 |
| 65 | 2,3776 | 0,18 | 0,4280 | 0,4297 | 0,41 |
| 70 | 2,4184 | 0,18 | 0,4353 | 0,4367 | 0,31 |
| 75 | 2,4564 | 0,18 | 0,4422 | 0,4425 | 0,07 |
| 80 | 2,4917 | 0,18 | 0,4485 | 0,4484 | 0,03 |
| 85 | 2,5247 | 0,18 | 0,4544 | 0,4545 | 0,00 |
| 90 | 2,5556 | 0,18 | 0,4600 | 0,4608 | 0,17 |
| 95 | 2,5844 | 0,18 | 0,4652 | 0,4658 | 0,12 |
| 100 | 2,6115 | 0,18 | 0,4701 | 0,4710 | 0,19 |
| 105 | 2,637 | 0,18 | 0,4747 | 0,4753 | 0,13 |
| 110 | 2,6609 | 0,18 | 0,4790 | 0,4794 | 0,09 |
| 115 | 2,6835 | 0,18 | 0,4830 | 0,4835 | 0,09 |
| 120 | 2,7049 | 0,18 | 0,4869 | 0,4871 | 0,04 |

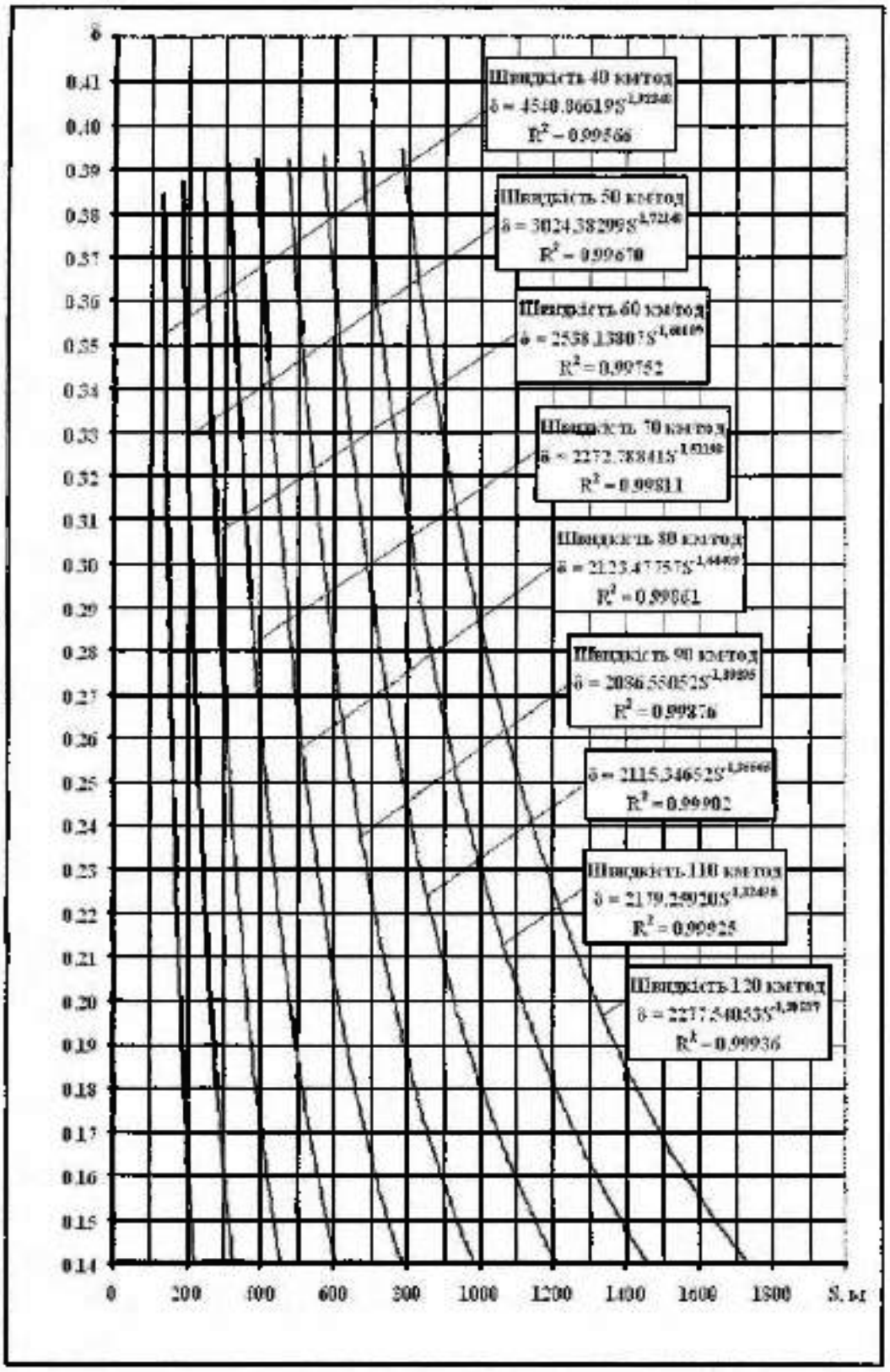



*Рис. 5.* Номограма для визначення розрахункового коефіцієта сили натиснення композиційних колодок вантажного поїзда на площадці

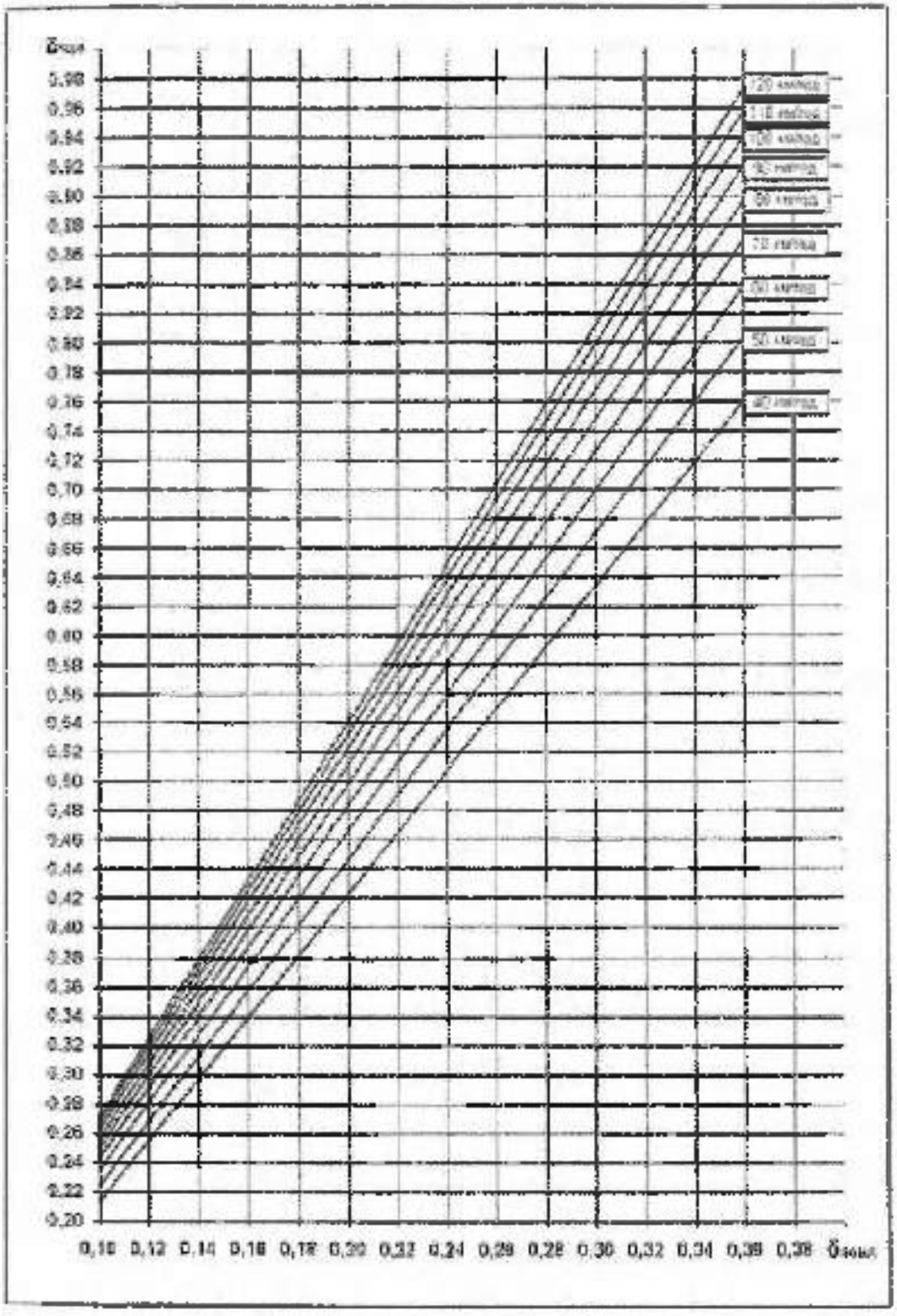



*Рис.6.* **Номограма для визначення розрахункового коефіцієнта сили натиснення композиційних колодок у перерахуванні на чавунні**

**Висновки:**

Теоретичні дослідження та їх аналіз з застосуванням наведених аналітичних залежностей дозволяють автоматизувати процес оцінки гальмівної ефективності і гальмівних характеристик вантажних поїздів, що в свою чергу дозволяє суттєво скоротити обробку результатів експериментальних досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Памятка Р 549/3 Методика расчета тормозов грузовых вагонов колеи 1520 мм. Организация сотрудничества железных дорог ОСЖД

2. Инструкция по эксплуатации тормозов подвижного состава железных дорог ЦТ-ЦВ-ЦЛ-ВНИИЖТ/277, Москва Трансинфо 2005

3. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). ГосНИИВ-ВНИИЖТ. М.,1996.

УДК 629.45.027.4.004.6 : 001.891.5

*Водянніков Ю.Я.*
*Яланський М.І.,*
*Сафронов О.М.,*
*Шведов А.І.*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН ПОЯВИ ПОВЗУНІВ НА ПОВЕРХНІ КОЧЕННЯ КОЛІС ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА.

***Розглянуто розподіл сил натиснення на колісні пари пасажирських некупейних вагонів та причини появи пошкоджень поверхонь кочення коліс. Виконані розрахункові дослідження про вплив виходу штока гальмівного циліндра на величину дійсної сили натиснення гальмівних колодок на колеса.***

При проведенні розрахункових досліджень гальмівних характеристик і гальмівної ефективності одиниць рухомого складу припускається, що сили натиснення колодок на колеса розподіляються рівномірно, а максимальна величина передаточного відношення гальмівної важільної передачі визначається виходячи з виконання умов недопущення юзових ситуацій у всьому діапазоні швидкостей на початку гальмування. Однак, як показує досвід експлуатації, повзуни на поверхні кочення колісних пар є одним з основних видів ушкоджень.

Численні експериментальні дослідження свідчать, що сили натиснення гальмівних колодок на колеса розподіляються нерівномірно не тільки на вісі візків вагона, але й у межах однієї колісної пари. Така нерівномірність обумовлена недосконалістю важільної передачі зусиль за допомогою системи тяг, важелів і затяжок від гальмівного циліндра.

Як об'єкт дослідження були обрані пасажирські некупейні вагони з масою тари 55 т і передаточним відношенням гальмівної важільної передачі для чавунних колодок рівним 12, для композиційних колодок – 5,3. Зусилля натиснення гальмівних колодок визначалися тензометричним методом при імітації екстрених гальмувань у стаціонарних умовах, при цьому середні величини тиску в гальмівному циліндрі і виходу штока становили відповідно 4,1 кг/см² і 140 мм.

Аналіз результатів величин сил натиснення показав (рис. 1 і 2), що максимальна різниця зусиль натиснення колодок на вісь для чавунних колодок склала 3 %, для композиційних – 8 %.

У якості статистичного закону розподілу сил натиснення колодок на колеса при гальмуванні приймався нормальний закон розподілу, для якого функція розподілу і щільність імовірності має вигляд [1]:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot \sigma} \int_{-\infty}^{x} e^{\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx \qquad (1)$$

$$j(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot p} \cdot s} \cdot e^{-\frac{(x-a)^2}{2s^2}} \qquad (2)$$

де $a$ й $\sigma^2$ математичне сподівання і дисперсія випадкової величини $x$.

Довірчі інтервали для математичного сподівання визначалися за формулою [1]:

$$\bar{x} - z_{p_1} \cdot \frac{s}{\sqrt{n-1}} < a < \bar{x} - z_{p_2} \frac{s}{\sqrt{n-1}} \qquad (3)$$

де $\bar{x}$ - вибіркове середнє з незалежних випробувань;

$z_p$ - квантиль нормованого нормального розподілу.

Результати статистичної обробки вимірювань сил натиснення колодок на колісні пари (табл.1) свідчать, що найбільш навантаженою при гальмуванні є третя (внутрішня) від котлового кінця вагона колісна пара, а сили натиснення з імовірністю 0,9983 можуть змінюватися в межах для чавунних колодок від 1,848 до 2,832 тс, для композиційних - від 0,403 до 1,717 тс.

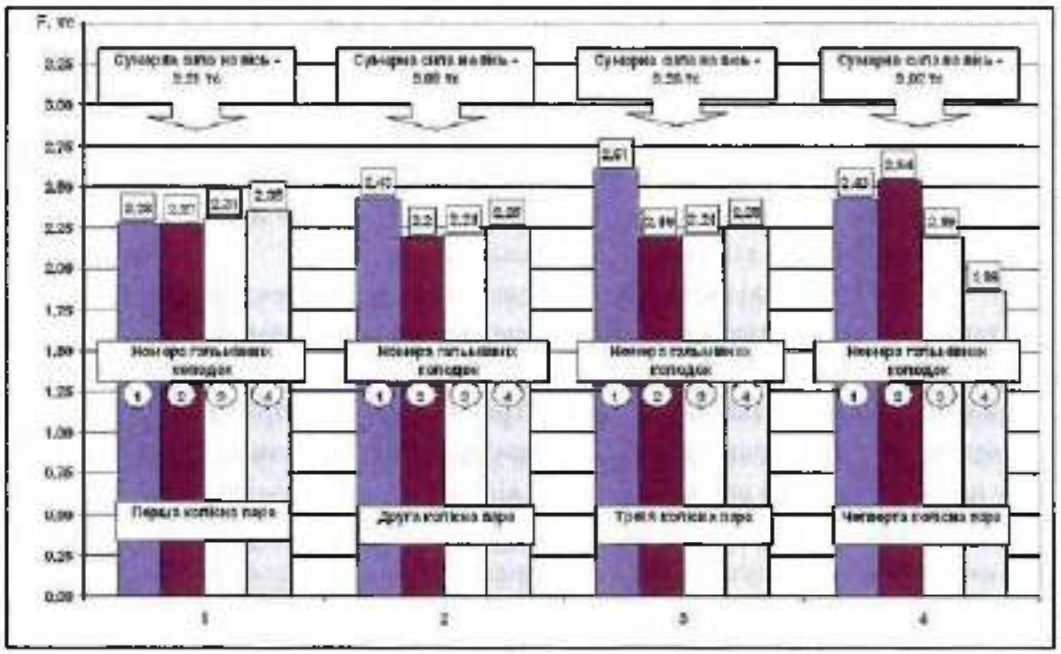



*Рис. 1* - **Сили натиснення чавунних колодок на колеса**

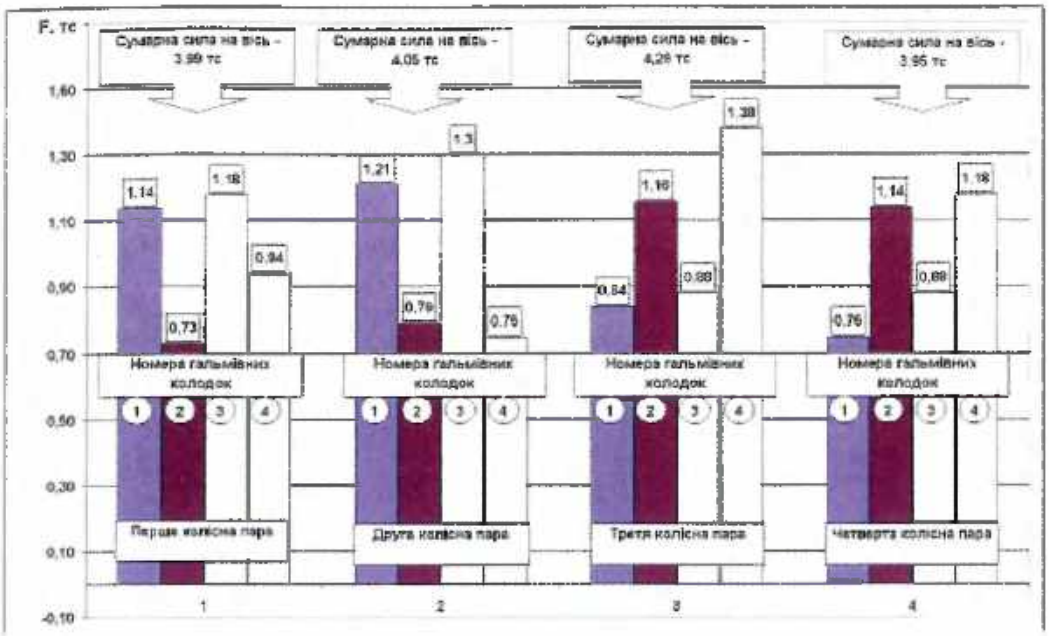



*Табл. 1.* **Результати статистичної обробки зусиль натиснення колодок на колеса**

| Показник | Номер колісної пари | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Чавунні колодки | | | | |
| Математичне сподівання, тс | 2,35 | 2,27 | 2,34 | 2,26 |
| Середньоквадратичне відхилення | 0,079 | 0,09 | 0,164 | 0,148 |
| Коефіцієнт варіації | 0,034 | 0,04 | 0,07 | 0,065 |
| Композиційні колодки | | | | |
| Математичне сподівання, тс | 1,0 | 1,01 | 1,06 | 0,99 |
| Середньоквадратичне відхилення | 0,18 | 0,249 | 0,219 | 0,178 |
| Коефіцієнт варіації | 0,18 | 0,246 | 0,206 | 0,065 |

Для оцінки імовірності появи повзунів на поверхні кочення коліс при гальмуванні, визначався максимально допустимий гальмівний коефіцієнт (сила натиснення гальмівних колодок на колеса) з використанням наступної рівності [2]:

$$d_{\delta} \cdot j_{\varepsilon\delta} = 0,85 \cdot [y_{\varepsilon}] \qquad (4)$$

де $\delta_p$ - розрахунковий коефіцієнт сили натиснення гальмівних колодок;

$\varphi_{кр}$ - розрахунковий коефіцієнт тертя гальмівних колодок;

$[\psi_к]$ - граничний коефіцієнт зчеплення коліс із рейками.

Обчислені граничні допустимі значення максимальних зусиль натиснення наведені в табл.2. Результати розрахунків свідчать, що найбільшу імовірність появи повзунів, через нерівномірний розподіл сил натиснення гальмівних колодок на вісі візків вагона мають внутрішні колісні пари для вагонів з композиційними колодками, для чавунних колодок імовірність появи повзунів незначна, практично нульова.

*Табл.2.* **Максимальні дійсні зусилля натиснення гальмівних колодок на вісь колісної пари, при яких виникає ковзання колеса по рейці (юзова ситуація)**

| Швидкість, км/год | Композиційні колодки | Чавунні колодки |
|---|---|---|
| 40 | 1,517 тс/вісь | 3,89 тс/вісь |
| 100 | 1,44 тс/вісь | 4,9 тс/вісь |
| 120 | 1,409 тс/вісь | 4,96 тс/вісь |
| 140 | 1,376 тс/вісь | 4,993 тс/вісь |
| 160 | 1,351 тс/вісь | 4,965 тс/вісь |

Розрахункові дослідження підтверджуються дослідженнями пошкоджуваності коліс в експлуатації. На рис. 3 наведений розподіл ушкоджень колісних пар швидкісного поїзда «Київ-Москва».

Виконані розрахункові дослідження про вплив виходу штока гальмівного циліндра на величину дійсної сили натиснення колодок на колеса показують, що вихід штока не суттєво впливає на дійсну силу натиснення гальмівних колодок на колеса (рис. 4).

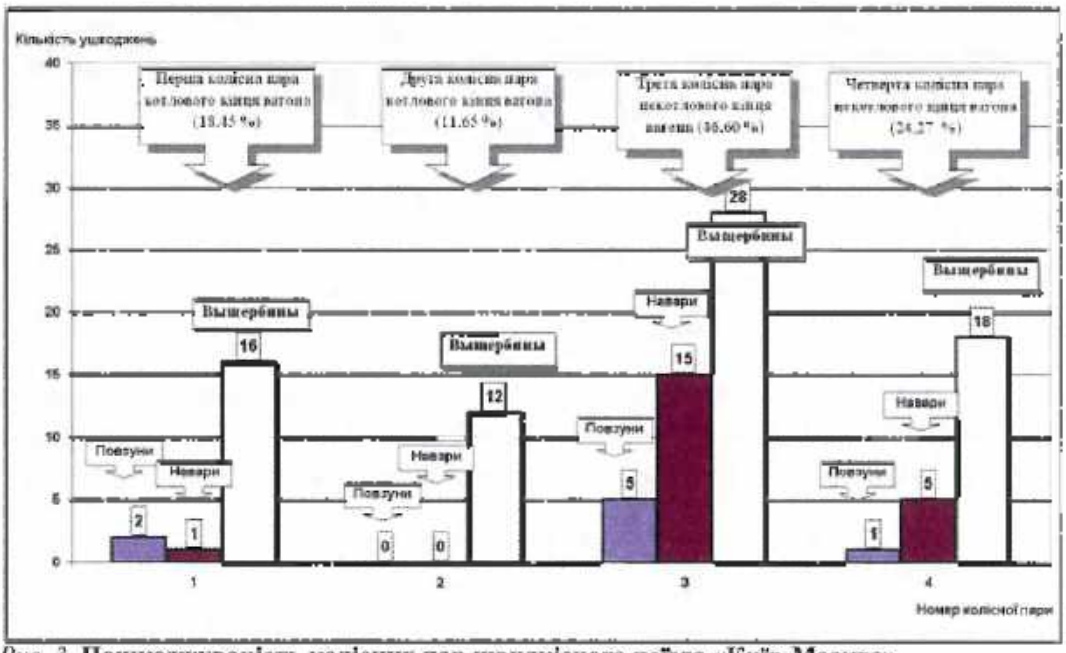



*Рис. 3.* **Пошкоджуваність колісних пар швидкісного поїзда «Київ-Москва»**

* - номер колісної пари

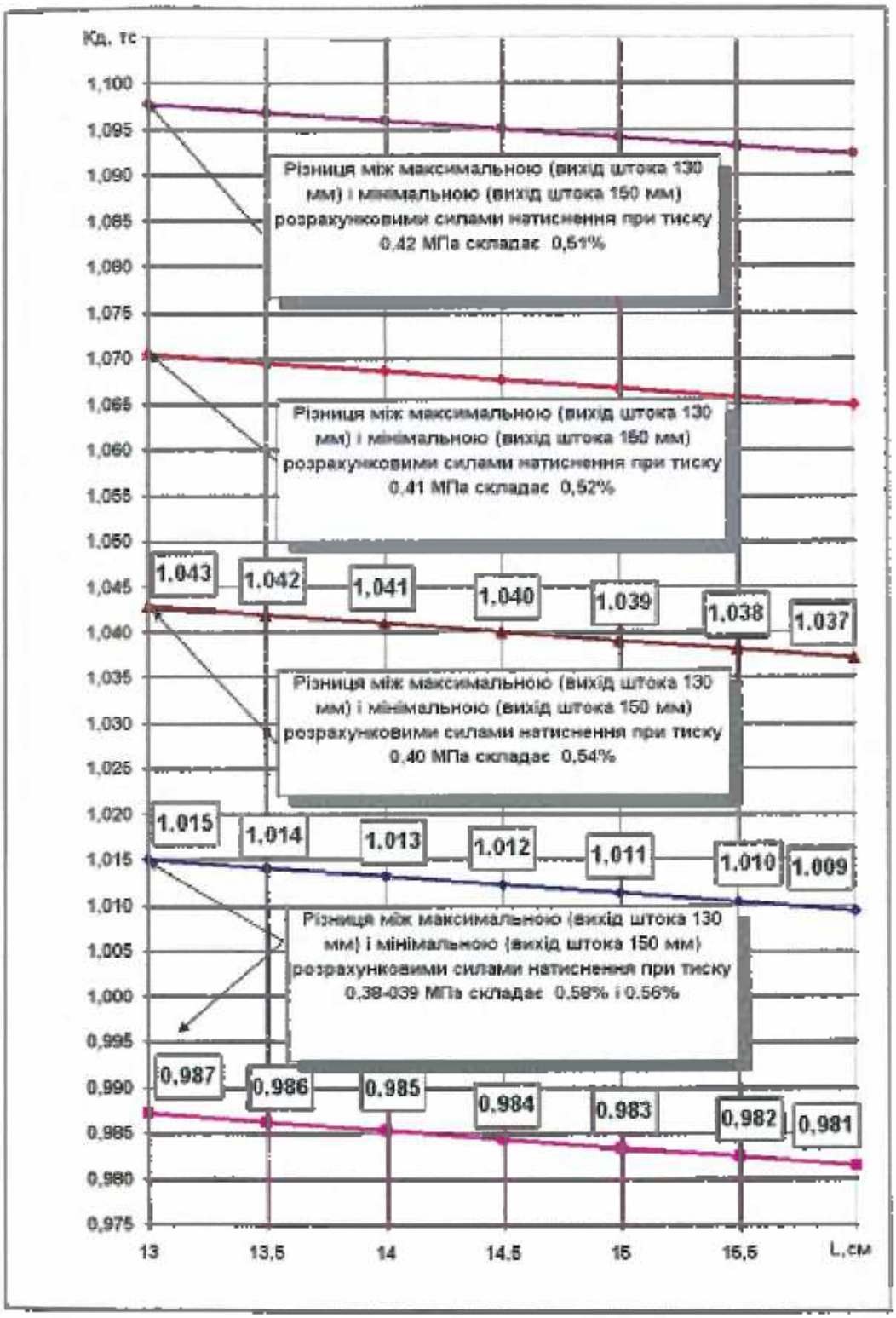



*Рис. 4.* **Дійсна сила натиснення гальмівних колодок на колеса в залежності від виходу штока гальмівного циліндра**

**Виконані дослідження показали:**

1. Виникнення юзових ситуацій для пасажирських вагонів, з колодковим гальмом обумовлено недосконалістю конструкції важільної передачі, яка спричиняє нерівномірний розподіл сил натиснення гальмівних колодок на колісні пари;

2. Найбільші сили натиснення реалізуються на внутрішніх колісних парах, максимальні зусилля приходяться на тертю від котлової сторони вагона колісну пару;

3. Імовірність появи повзунів на поверхні кочення коліс вагонів з композиційними колодками збільшується з підвищенням швидкості гальмування й становить від 0,0213 (2,13%) при швидкості 40 км/год до 0,0952 (9,52%) при швидкості 160 км/год, для чавунних колодок імовірність юзових ситуацій у зазначеному діапазоні швидкостей малоімовірна, практично дорівнює нулю;

4. Рекомендується для пасажирських вагонів з конструкційною швидкістю 120 км/год використовувати чавунні колодки, для конструкційної швидкості більше 120 км/год - композиційні колодки з роздільним гальмуванням на кожен візок, або дискові гальма із протизюзним пристроєм.

5. Вихід штока гальмівного циліндра суттєво не впливає на дійсні сили натиснення гальмівних колодок на колеса.

ЛІТЕРАТУРА

1. М.П. Степанов. Статистичні методи обробки результатів механічних випробувань. Довідник. - М.: Машинобудування, 1985 р.

2. Норми для розрахунку й проектування вагонів залізниць МПС колії 1520 мм (несамохідних). - ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996 р.

*УДК 001.891.5:629.4-592*

***Водянніков Ю.Я.***
***Яланський М. І.***
***Макєєва О.Г.***

# ПРОБЛЕМНІ ШИТАННЯ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ ГАЛЬМІВНИХ ВИПРОБУВАНЬ ЗАЛІЗНИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

***Отримані аналітичні залежності розрахункового коефіцієнта сили натиснення колодок у залежності від величини гальмівного шляху. Запропоновано методику визначення гальмівних характеристик з урахуванням невизначеності вимірювання при довірчій імовірності 0,95. Як критерій для оцінки гальмівної системи дослідного вагона пропонується приймати розподіли імовірності ушкодження колісних пар в експлуатації.***

При проектуванні гальмівної системи необхідно вирішити два взаємовиключні завдання: з однієї сторони забезпечити необхідну ефективність гальмівної системи, а з іншого боку - забезпечити відсутність юзових ситуацій у всьому діапазоні швидкостей руху. Підвищення гальмівної ефективності вимагає збільшення натиснення гальмівних колодок на колеса, а недопущення юза - зниження натиснення колодок на колеса для того, щоб реалізованою гальмівною системою коефіцієнт зчеплення не перевищив допустимого, по юзовій ситуації, коефіцієнт зчеплення колеса з рейкою.

Імовірність появи юза збільшується при складних погодних умовах - туман, дощ, сніг, іній та інші. Рекомендується, відповідно до нормативної документації, мати запас по юзу: для пасажирських вагонів не менше ніж 15 %, а для вантажних - не менше ніж 10 %.

Основним показником гальмівної ефективності вагонів з композиційними колодками є розрахунковий коефіцієнт сили натиснення колодок на колесо, а його критерієм - мінімально допустиме значення, установлене нормативною документацією залежно від типу й ступеня завантаження вагона.

Найбільш достовірна та об'єктивна інформація про гальмівну ефективність вагонів може бути отримана в результаті поїзних гальмівних випробувань, які, на відміну від стаціонарних випробувань, враховують фрикційні властивості гальмівних колодок. Як правило, поїзні випробування нових конструкцій вагонів проводяться методом „кидання" на прямій ділянці шляху при сприятливих погодних умовах, у світлий час доби. Проте, незважаючи на позитивні результати, як розрахункових досліджень по перевірці на недопущення юза, так і поїзних гальмівних випробувань, повзуни на поверхні кочення колісних пар є одним з основних видів ушкоджень в експлуатації, особливо високий відсоток таких ушкоджень має місце для вантажних вагонів. Обстеження вагонних коліс вантажних вагонів, що надходять у ремонт на вагоноремонтні підприємства, дозволили одержати теоретичний розподіл імовірності появи повзунів у залежності від строку експлуатації (рис.1).

Очевидно, однією з основних проблем при аналізі й інтерпретації результатів поїзних гальмівних випробувань є оцінка результатів на можливість пошкоджуваності колісних пар при гальмуванні.

Для вирішення поставленої проблеми, пропонується на першому етапі оцінювати гальмівні характеристики з урахуванням невизначеності вимірювань.

При проведенні ходових гальмівних випробувань вимірюваними характеристиками гальмівної системи вагона мають бути:

- тиск у гальмівних циліндрах;
- вихід штока гальмівного циліндра;
- швидкість на початку гальмування;
- гальмівний шлях.

Розрахунковий коефіцієнт сили натиснення гальмівних колодок на колеса при композиційних або чавунних колодках визначається виходячи з величини гальмівного шляху вагона, перерахованого на поїзд.

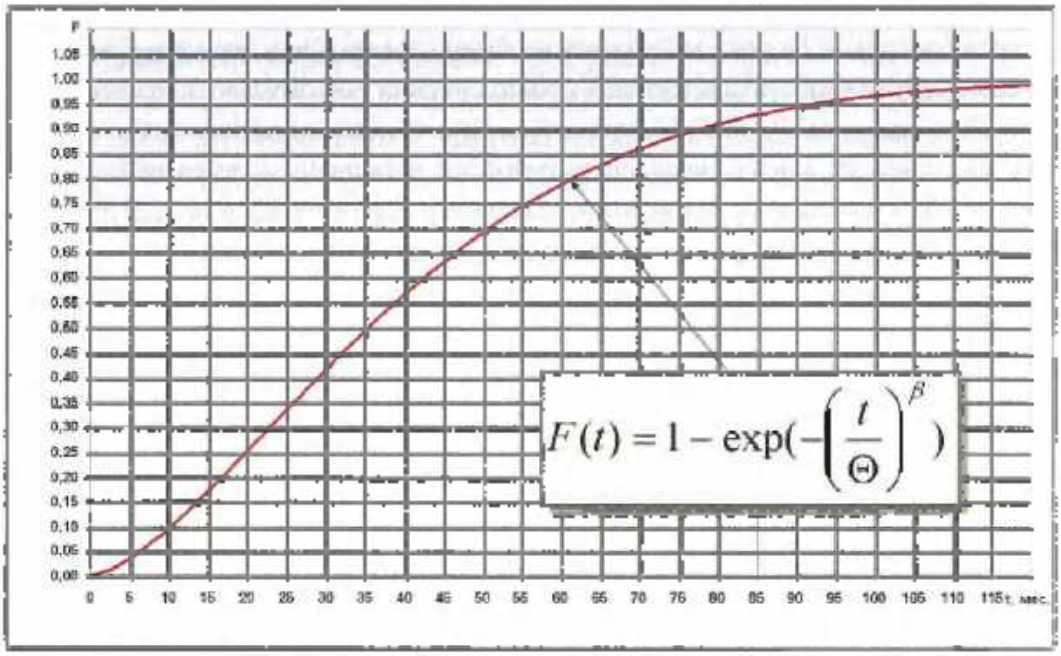



*Рис.1.* **Імовірність появи повзунів на колісних парах вантажних вагонів.**

Для викладу методики визначення вірогідності й точності результатів вимірювань використовуються результати поїзних гальмівних випробувань (табл. 1) напіввагона моделі 12-7023 з композиційними колодками та типовою гальмівною системою.

*Табл. 1.* **Результати вимірювань гальмівних характеристик**

| Швидкість на початку гальмування, км/год | Гальмівний шлях,м | Тиск у ГЦ, кгс/см$^2$ | Вихід штока, мм |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| **Порожній вагон** | | | |
| 40,44 | 121,58 | 1,40 | 70,00 |
| 78,49 | 351,39 | 1,35 | 73,00 |
| 39,83 | 114,16 | 1,30 | 74,00 |
| 76,25 | 346,94 | 1,35 | 74,00 |
| 92,03 | 507,07 | 1,35 | 73,00 |
| 111,20 | 653,85 | 1,35 | 76,00 |
| 62,06 | 235,74 | 1,45 | 77,00 |
| 95,31 | 536,72 | 1,30 | 77,00 |
| 116,03 | 723,53 | 1,30 | 74,00 |
| 102,65 | 572,30 | 1,35 | 77,00 |
| 41,06 | 120,09 | 1,30 | 70,00 |
| 59,31 | 229,81 | 1,35 | 75,00 |
| 58,02 | 210,54 | 1,35 | 75,00 |
| 76,25 | 354,35 | 1,35 | 75,00 |
| 111,20 | 616,78 | 1,35 | 77,00 |
| 98,84 | 545,62 | 1,35 | 76,00 |
| 116,03 | 680,54 | 1,30 | 77,00 |
| Середнє значення | | 1,36 | 74,71 |
| **Навантажений вагон** | | | |
| 44,71 | 163,09 | 3,15 | 90,00 |
| 83,13 | 524,86 | 3,20 | 80,00 |
| 121,30 | 1162,40 | 3,20 | 92,00 |
| 102,61 | 849,56 | 3,21 | 90,00 |
| 66,94 | 360,28 | 3,18 | 95,00 |
| 120,94 | 1171,29 | 3,20 | 92,00 |
| 102,30 | 862,90 | 3,20 | 90,00 |
| 68,48 | 391,42 | 3,25 | 90,00 |
| 121,89 | 1233,56 | 3,20 | 90,00 |
| 98,93 | 811,01 | 3,20 | 89,00 |
| 43,62 | 176,44 | 3,21 | 90,00 |
| 75,94 | 449,24 | 3,15 | 92,00 |
| 76,17 | 449,24 | 3,20 | 93,00 |
| 62,43 | 300,98 | 3,20 | 90,00 |
| 43,57 | 176,44 | 3,20 | 90,00 |
| Середнє значення | | 3,20 | 90,20 |

За результатами вимірювань швидкості й гальмівного шляху побудована, із застосуванням статистичних методів, крива у залежності величини гальмівного шляху від швидкості руху на початку гальмування для порожнього й навантаженого вагонів (рис. 2). Час підготовки автогальм до дії, для перерахування гальмівного шляху на поїзд, з обліком того що поїзні випробування проводилися методом „кидання", приймався рівним 3 с.

Величина гальмівного шляху вантажного поїзда S, м, у залежності від швидкості на початку гальмування V, км/год, визначалася за формулах (1) і (2) відповідно для навантаженого та порожнього вагонів.

$$S(V)_{завант} = 0,0808 \cdot V^2 - 0,0045 \cdot V + \frac{3 \cdot V}{3,6} \qquad (1)$$

$$S(V)_{порож} = 0,0391 \cdot V^2 + 1,544 \cdot V + \frac{3 \cdot V}{3,6} \qquad (2)$$

Розрахунки невизначеності вимірювань, з використанням методичних вказівок [1], для вимірювання тиску стисненого повітря в гальмівному циліндрі та виходу штока наведені у вигляді бюджетних таблиць (табл. 2, 3, 4 та 5).

Невизначеність вимірювань розрахункового коефіцієнта сили натиснення композиційних колодок δ визначається по функціональній залежності розрахункового коефіцієнта від швидкості на початку гальмування V й відповідних їм величин гальмівних шляхів S, перерахованих на вантажний поїзд. Для побудови аналітичної залежності використовувалися дані таблиці 6.

Як функціональна залежність приймається статична залежність:

$$\mathrm{d}(V) = c(V) \cdot S(V)^{d(V)} \qquad (3)$$

Формулу (3), шляхом логарифмування правої й лівої частин, приводимо до вигляду:

$$y = a + bz \qquad (4)$$

Коефіцієнти $a$ й $b$ із формули (4) визначалися методом найменших квадратів:

$$U = \sum_{i=1}^{n} (y_i - (a + bz))^2 \qquad (5)$$

де $n$ - число і-их опорних значень.

Завдання зводилося до визначення таких значень коефіцієнтів $a$ й $b$, які мінімізують суму квадратів різниці між експериментальними значеннями й визначеною за формулою (4), для цього використовувалася система рівнянь:

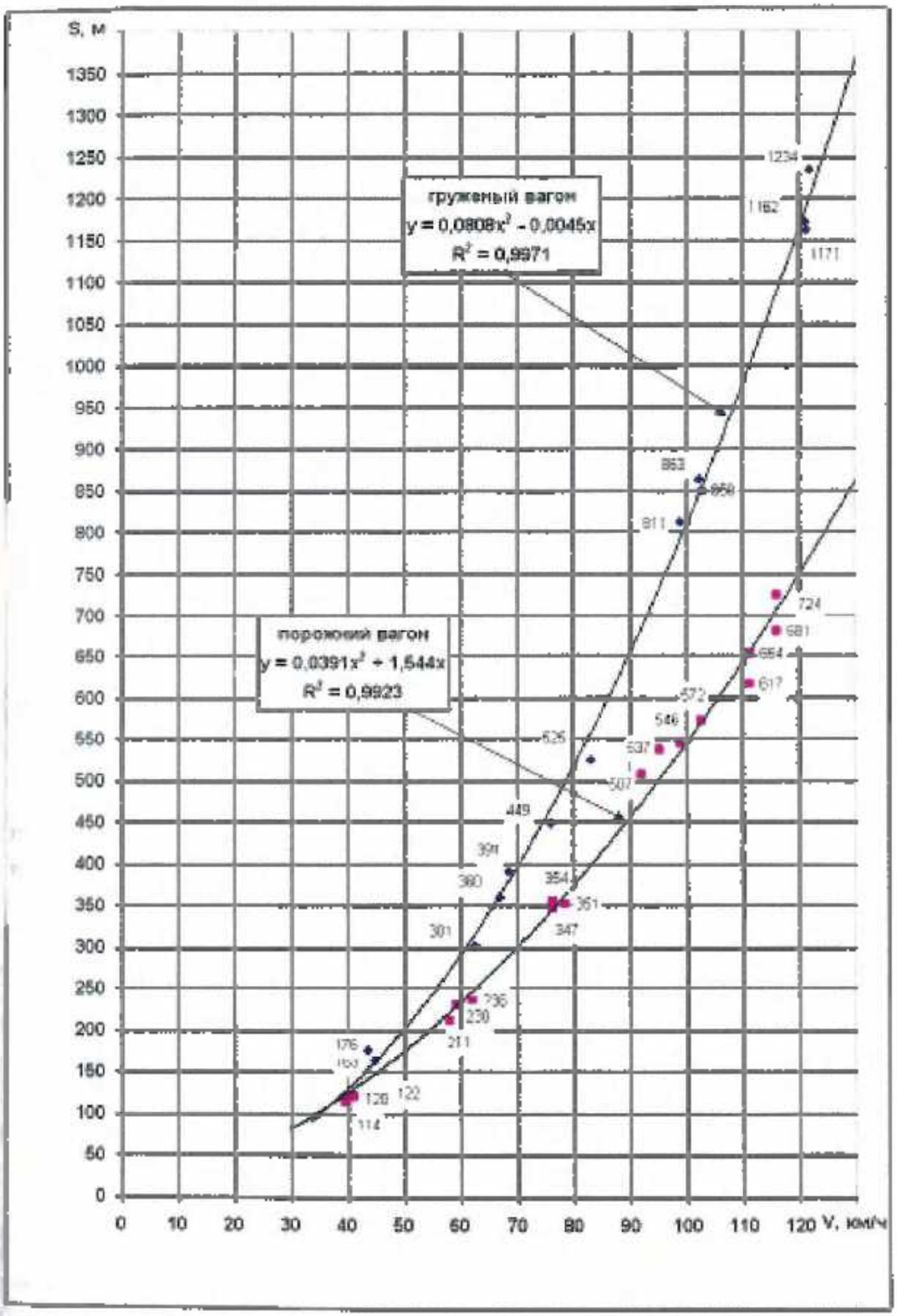



*Рис. 2.* **Величини гальмівного шляху порожнього й навантаженого вагона при швидкості руху на початку екстреного гальмування, реалізованих при поїзних гальмівних випробуваннях методом „кидання"**

*Табл. 2.* **Бюджет невизначеності вимірювань тиску стисненого повітря у гальмівному циліндрі навантаженого вагона**

| Вхідна величина | Оцінка вхідної величини, кгс/см² | Стандартна невизначеність, кгс/см² | Число ступенів свободи | Розподіл імовірностей вхідної величини | Коефіцієнт чутливості | Внесок невизначеності, кгс/см² |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Тиск стисненого повітря | 3,2 | 0,006146 | 14 | Нормальне | 1 | 0,006146 |
| Основна похибка Δ | 0 | 0,051962 | ∞ | Рівномірне | 1 | 0,051962 |
| Похибка квантування Δк | 0 | 0,028868 | ∞ | Рівномірне | 1 | 0,028868 |
| Вихідна величина | Оцінка вихідної величини, кгс/см² | Сумарна стандартна невизначеність, кгс/см² | Ефективне число ступенів свободи | Рівень довіри | Коефіцієнт покриття*) | Розширена невизначеність, кгс/см² |
| P, кгс/см² | 3,2 | 0,059759 | 125101 | 0,95 | 1,959984 | 0,117126 |

*) - Коефіцієнт покриття визначається як коефіцієнт із розподілу Стьюдента при довірчій імовірності 0,95 й ефективного числа ступенів свободи $\nu_{eff}$ визначений за формулою Велча-Сатерсвейта:

$$\nu_{eff} = \frac{u_c^4}{\sum_{i=1}^{m} \frac{u^4(x_i)}{\nu_i} \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)}$$

де $u_c$ - Сумарна стандартна невизначеність;
$u(x_i), \nu_i$ - стандартна невизначеність і число ступенів свободи для і-ої вхідної величини;

$\frac{\partial f}{\partial x_i}$ - коефіцієнт чутливості для і-ої вхідної величини;

*Табл.3.* **Бюджет невизначеності вимірів тиску стисненого повітря в гальмівному циліндрі порожнього вагона**

| Вхідна величина | Оцінка вхідної величини, кгс/см² | Стандартна невизначеність, кгс/см² | Число ступенів свободи | Розподіл імовірностей вхідної величини | Коефіцієнт чутливості | Внесок невизначеності, кгс/см² |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Тиск стисненого повітря | 1,34 | 0,009474 | 16 | Нормальне | 1 | 0,009474 |
| Основна похибка Δ | 0 | 0,051962 | ∞ | Рівномірне | 1 | 0,051962 |
| Похибка квантування Δх | 0 | 0,028868 | ∞ | Рівномірне | 1 | 0,028868 |
| Вихідна величина | Оцінка вихідної величини кгс/см² | Сумарна стандартна невизначеність кгс/см² | Ефективне число ступенів свободи | Довірча імовірність | Коефіцієнт покриття | Розширена невизначеність кгс/см² |
| Тиск стисненого повітря | 1,34 | 0,060192 | 26074 | 0,95 | 1,960057 | 0,11798 |

*Табл. 4.* **Бюджет невизначеності вимірювань виходу штока гальмівного циліндра навантаженого вагона**

| Вхідна величина | Оцінка вхідної величини, мм | Стандартна невизначеність, мм² | Число ступенів свободи | Розподіл імовірностей вхідної величини | Коефіцієнт чутливості | Внесок невизначеності, мм |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Вихід штока | 90,2 | 0,834951 | 14 | Нормальний | 1 | 0,834951 |
| Основна похибка Δ | 0 | 0,057735 | ∞ | Рівномірний | 1 | 0,057735 |
| Похибка квантування Δх | 0 | 0,288675 | ∞ | Рівномірний | 1 | 0,288675 |
| Вихідна величина | Оцінка вихідної величини, мм | Сумарна стандартна невизначеність, мм | Ефективне число ступенів свободи | Довірча імовірність | Коефіцієнт покриття | Розширена невизначеність, мм |
| Вихід штока | 90,2 | 0,88533 | 18 | 0,95 | 2,109819 | 1,867886 |

*Табл. 5.* **Бюджет невизначеності вимірів виходу штока гальмового циліндра порожнього вагона**

| Вхідна величина | Оцінка вхідної величини, мм | Стандартна невизначеність, мм | Число ступенів свободи | Розподіл імовірностей вхідної величини | Коефіцієнт чутливості | Внесок невизначеності, мм |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Вихідштока | 74,71 | 0,5566 | 14 | Нормальне | 1 | 0,5566 |
| Основна похибка | 0 | 0,057735 | | Рівномірне | 1 | 0,057735 |
| Похибка квантуваньня | 0 | 0,288675 | | Рівномірне | 1 | 0,288675 |
| Вихідна величина | Оцінка вихідної величини, мм | Сумарна стандартна невизначеність, мм | Ефективне число ступенів свободи | Довірча Імовірність | Коефіцієнт покриття | Розширена невизначеність, мм |
| Вихідштока | 74,71 | 0,629659 | 26 | 0,95 | 2,055531 | 1,294284 |

$$\begin{cases} \dfrac{\partial U}{da} = \sum_{i=1}^{n} \left(y_i - (a+bz)\right) = 0; \\ \dfrac{\partial U}{db} = \sum \left(y_i - (a+bz)\right) z_i = 0 \end{cases} \qquad (6)$$

Систему розв'язаних рівнянь (6) приводимо до вигляду:

$$\begin{cases} an + \sum_{i=1}^{n} z_i = \sum_{i=1}^{n} y_i; \\ a\sum_{i=1}^{n} z_i + b\sum_{i=1}^{n} z_i^2 = \sum_{i=1}^{n} y_i z_i, \end{cases} \qquad (7)$$

коефіцієнти $c$ і $d$ визначалися за формулами:

$$c = Ln(a) = Ln\left( \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i \sum_{i=1}^{n} z_i^2 - \sum_{i=1}^{n} z_i y_i \sum_{i=1}^{n} z_i}{n\sum_{i=1}^{n} z_i - (\sum_{i=1}^{n} z_i)^2} \right). \qquad (8)$$

$$d = b = \frac{n\sum_{i=1}^{n} z_i y_i - \sum_{i=1}^{n} z_i \sum_{i=1}^{n} y_i}{n\sum_{i=1}^{n} z_i - (\sum_{i=1}^{n} z_i)^2} \qquad (9)$$

Рівняння для визначення розрахункового коефіцієнта сили натиснення композиційних колодок вантажного поїзда на площадці у діапазоні швидкостей руху (40-120) км/год наведені на рис. 3.

Похибка вимірювань розрахункового коефіцієнта сили натиснення композиційних колодок визначалася по модельному рівнянню:

$$\Delta_g = -d \cdot c \cdot S^{-d-1} \cdot \sum \Delta_i^2 \qquad (10)$$

де $c$ й $d$- коефіцієнти рівняння (3);

S - гальмівний шлях вагона, перерахований на вантажний поїзд, м;

$\Delta_i$ - похибка і-ої складової при вимірюванні гальмівного шляху, м;

$-d \cdot c \cdot S^{-d-1}$ - коефіцієнт чутливості.

Похибка вимірювань гальмівного шляху складається із трьох складових:

$\Delta 1$ - похибка, обумовлена похибкою вимірювань довжини шляху вагона, який пройшов за один оберт колеса, м;

$\Delta 2$ - похибка, обумовлена вимірюванням кількості обертів колеса за час гальмування , м;

$\Delta 3$ - похибка, обумовлена апроксимацією результатів вимірювань гальмівного шляху, м, і швидкості V, км/год, на початку гальмування вагона аналітичною залежністю, при цьому стандартна невизначеність визначалася по формулі:

$$u_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (S_i - (aV_i^3 + bV_i^2 + cV_i))^2}{n \cdot (n-1)}} \qquad (11)$$

де $a$ й $b$ - коефіцієнти рівнянь, що виражають аналітичні залежності гальмівного шляху порожнього й навантаженого вагона на площадці від швидкості руху на початку гальмування (див. рис. 1);

n - число інтервалів розбивки діапазону швидкостей.

Невизначеність вимірювань розрахункового коефіцієнта сили натиснення композиційних колодок для вантажного поїзда на площадці з порожніх і навантажених вагонів визначалася в діапазоні швидкостей (40-120) км/год.

Для прикладу, у таблицях 7 і 8 наведений розрахунок невизначеності вимірювань розрахункового коефіцієнта для швидкості 120 км/год.

Підсумкові значення зміни гальмівних характеристик при довірчій імовірності 0,95 наведені в таблиці 9.

Для подальшого аналізу гальмівної системи дослідного вагона на предмет появи повзунів приймалися статистичні дані про напрацьованість колісних пар в експлуатації (див. рис. 1).

Як критерій використався коефіцієнт k, що визначає відношення граничного коефіцієнта зчеплення колеса з рейкою до реалізованого коефіцієнта зчеплення:

$$k = \frac{[y]}{d \cdot j_{60}} \qquad (12)$$

*Табл. 6.* **Гальмівні шляхи вантажних поїздів при композиційних колодках на площадці в метрах (Пам'ятка Р 549/3**

| V, км/год | Розрахунковий гальмівний коефіцієнт | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,1 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,2 | 0,22 | 0,24 | 0,26 | 0,28 | 0,3 | 0,32 | 0,34 | 0,36 | 0,38 | 0,4 | 0,42 | 0,44 | 0,46 | 0,48 | 0,5 |
| 10 | 31 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 25 | 24 | 24 | 24 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 |
| 15 | 56 | 52 | 49 | 46 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 38 | 37 | 37 | 36 | 36 | 36 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| 20 | 88 | 80 | 74 | 70 | 66 | 64 | 61 | 60 | 58 | 57 | 55 | 54 | 53 | 53 | 52 | 51 | 51 | 50 | 50 | 49 | 49 |
| 25 | 126 | 113 | 104 | 97 | 92 | 88 | 84 | 81 | 79 | 77 | 75 | 73 | 72 | 71 | 69 | 68 | 67 | 67 | 66 | 65 | 64 |
| 30 | 171 | 153 | 140 | 130 | 122 | 116 | 110 | 106 | 103 | 99 | 97 | 94 | 92 | 90 | 89 | 87 | 86 | 85 | 83 | 82 | 81 |
| 35 | 224 | 199 | 180 | 167 | 156 | 147 | 140 | 134 | 129 | 125 | 121 | 118 | 115 | 112 | 110 | 108 | 106 | 104 | 103 | 101 | 100 |
| 40 | 284 | 250 | 226 | 208 | 194 | 182 | 173 | 165 | 159 | 153 | 148 | 144 | 140 | 136 | 133 | 131 | 128 | 126 | 124 | 122 | 120 |
| 45 | 351 | 309 | 278 | 254 | 236 | 222 | 210 | 200 | 191 | 184 | 177 | 172 | 167 | 163 | 159 | 155 | 152 | 149 | 146 | 144 | 142 |
| 50 | 427 | 373 | 335 | 306 | 283 | 265 | 250 | 237 | 227 | 217 | 210 | 203 | 196 | 191 | 186 | 182 | 178 | 174 | 171 | 168 | 165 |
| 55 | 510 | 444 | 397 | 362 | 334 | 312 | 294 | 278 | 265 | 254 | 244 | 236 | 228 | 222 | 216 | 210 | 205 | 201 | 197 | 193 | 190 |
| 60 | 600 | 522 | 466 | 423 | 390 | 363 | 341 | 323 | 307 | 294 | 282 | 272 | 263 | 255 | 248 | 241 | 235 | 230 | 225 | 221 | 216 |
| 65 | 699 | 607 | 540 | 490 | 450 | 419 | 392 | 371 | 352 | 336 | 322 | 310 | 300 | 290 | 282 | 274 | 267 | 261 | 255 | 250 | 245 |
| 70 | 806 | 698 | 620 | 561 | 515 | 478 | 448 | 422 | 400 | 382 | 366 | 352 | 339 | 328 | 318 | 309 | 301 | 293 | 287 | 280 | 275 |
| 75 | 921 | 797 | 706 | 638 | 585 | 542 | 507 | 477 | 452 | 431 | 412 | 395 | 381 | 368 | 356 | 346 | 337 | 328 | 320 | 313 | 306 |
| 80 | 1044 | 902 | 798 | 720 | 659 | 610 | 570 | 536 | 507 | 482 | 461 | 442 | 425 | 411 | 397 | 385 | 375 | 365 | 356 | 347 | 340 |
| 85 | 1175 | 1014 | 897 | 808 | 738 | 682 | 636 | 598 | 565 | 537 | 513 | 491 | 472 | 456 | 441 | 427 | 415 | 403 | 393 | 384 | 375 |
| 90 | 1315 | 1133 | 1001 | 901 | 822 | 759 | 707 | 664 | 627 | 595 | 568 | 543 | 522 | 503 | 486 | 471 | 457 | 444 | 433 | 422 | 412 |
| 95 | 1462 | 1258 | 1111 | 999 | 911 | 840 | 782 | 733 | 692 | 656 | 625 | 598 | 574 | 553 | 534 | 517 | 501 | 487 | 474 | 462 | 451 |
| 100 | 1618 | 1391 | 1227 | 1102 | 1004 | 926 | 861 | 806 | 760 | 721 | 686 | 656 | 629 | 606 | 584 | 565 | 548 | 532 | 517 | 504 | 492 |
| 105 | 1782 | 1531 | 1349 | 1211 | 1103 | 1015 | 944 | 883 | 832 | 788 | 750 | 717 | 687 | 661 | 637 | 616 | 596 | 579 | 563 | 548 | 534 |
| 110 | 1954 | 1678 | 1477 | 1325 | 1206 | 1110 | 1030 | 964 | 908 | 859 | 817 | 780 | 747 | 718 | 692 | 668 | 647 | 628 | 610 | 594 | 579 |
| 115 | 2134 | 1831 | 1612 | 1445 | 1314 | 1208 | 1121 | 1048 | 986 | 933 | 887 | 846 | 810 | 778 | 750 | 724 | 700 | 679 | 659 | 641 | 625 |
| 120 | 2322 | 1992 | 1752 | 1570 | 1427 | 1311 | 1216 | 1136 | 1069 | 1010 | 960 | 915 | 876 | 841 | 809 | 781 | 755 | 732 | 711 | 691 | 673 |
| 125 | 2518 | 2159 | 1898 | 1700 | 1544 | 1419 | 1315 | 1228 | 1154 | 1091 | 1036 | 987 | 944 | 906 | 872 | 841 | 813 | 787 | 764 | 743 | 723 |
| 130 | 2721 | 2333 | 2051 | 1836 | 1667 | 1530 | 1418 | 1324 | 1244 | 1175 | 1115 | 1062 | 1015 | 974 | 937 | 903 | 873 | 845 | 820 | 796 | 775 |
| 135 | 2933 | 2514 | 2209 | 1977 | 1794 | 1647 | 1525 | 1423 | 1336 | 1262 | 1197 | 1140 | 1089 | 1044 | 1004 | 968 | 935 | 905 | 877 | 852 | 829 |
| 140 | 3153 | 2702 | 2374 | 2123 | 1926 | 1767 | 1636 | 1526 | 1432 | 1352 | 1282 | 1220 | 1166 | 1117 | 1074 | 1034 | 999 | 966 | 937 | 909 | 884 |

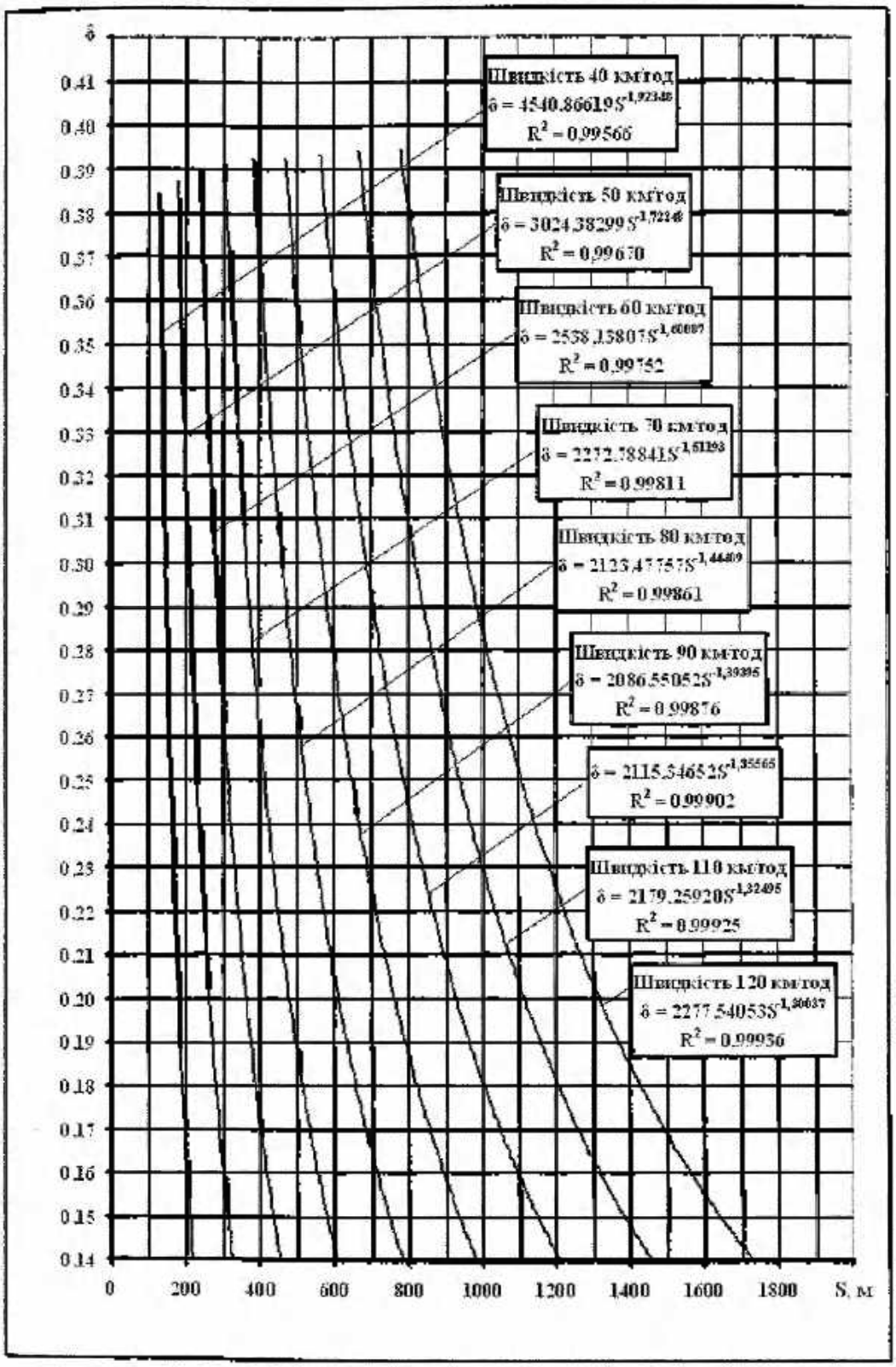



*Рис. 3.* **Номограма й формули для визначення розрахункового коефіцієнта сили натиснення композиційних колодок вантажного поїзда на площадці**

*Табл. 7* **Бюджет невизначеності вимірювань розрахункового коефіцієнта сили натиснення композиційних колодок вантажного поїзда з навантажених вагонів на площадці для швидкості руху на початку гальмування 120 км/год**

| Вхідна величина | Оцінка вхідної величини | Стандартна невизначеність, м | Число ступенів волі | Розподіл імовірностей | Коефіцієнт чутливості, $м^{-1}$ | Внесок невизначеності |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Похибка вимірювань рулеткою гальмівного шляху, пройденого колесом за один оберт | 0 | 0,000953 | ∞ | Рівномірне | 0,000217 | 2,07E-07 |
| Похибка, обумовлена нетечністю оцінки початку й кінця вимірювань рулеткою | 0 | 0,005774 | ∞ | Рівномірне | 0,000217 | 1,25E-06 |
| Похибка, обумовлена неточністю вимірювань числа обертів колеса | 0 | 1,71473 | ∞ | Рівномірне | 0,000217 | 0,000373 |
| Невизначеність, обумовлена побудовою графіка | | 5,256839 | 14 | Нормальне | 0,000217 | 0,001143 |
| δ | 0,2117 | 0,001202 | 2,448 | 0,95 | 4,302656 | 0,005171 |

*Табл. 8.* **Бюджет невизначеності вимірів розрахункового коефіцієнта сили натиснення композиційних колодок вантажного поїзда з порожніх вагонів на площадці для швидкості руху на початку гальмування 120 км/год.**

| Вхідна величина | Оцінка вхідної величини | Стандартна невизначеність,м | Число ступенів волі | Розподіл імовірностей | Коефіцієнт чутливості, $м^{-1}$ | Внесок |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Похибка вимірювань рулеткою гальмівного шляху, пройденого колесом за один оберт | 0 | 0,000953 | ∞ | Рівномірний | 0,000543 | 5,17E-07 |
| Похибка, обумовлена неточністю оцінки початку й кінця вимірювань рулеткою | 0 | 0,005774 | ∞ | Рівномірне | 0,000543 | 3,13E-06 |
| Похибка, обумовлена неточністю вимірювань обертів колеса | 0 | 1,71473 | ∞ | Рівномірне | 0,000543 | 0,000931 |
| Похибка, обумовлена побудовою графіка | | 4,4982 | 15 | Нормальне | 0,000543 | 0,002442 |
| δ | 0,354205 | 0,002614 | 2,624 | 0,95 | 4,302656 | 0,011246 |

*Табл. 9.* **Гальмівні характеристики вантажного поїзда на площадці, отримані за результатами поїзних гальмівних випробувань**

| Назва характеристики | Величина й довірча імовірність |
|---|---|
| 1 | 2 |
| **Порожні вагони** | |
| Тиск у гальмівному циліндрі, кгс/см² | 1,34±0,1180 при P=0,95 |
| Вихід штока, мм | 74,71±1,2943 при P=0,95 |
| Розрахунковий коефіцієнт сили натиснення композиційних колодок при швидкості: | |
| 40 км/год | 0,269±0,0680 при P=0,95 |
| 50 км/год | 0,287±0,0472 при P=0,95 |
| 60 км/год | 0,301±0,0352 при P=0,95 |
| 70 км/год | 0,313±0,0274 при P=0,95 |
| 80 км/год | 0,323±0,0219 при P=0,95 |
| 90 км/год | 0,332±0,0181 при P=0,95 |
| 100 км/год | 0,340±0,0152 при P=0,95 |
| 110 км/год | 0,347±0,0130 при P=0,95 |
| 120 км/год | 0,354±0,0112 при P=0,95 |
| **Навантажені вагони** | |
| Тиск у гальмівному циліндрі, кгс/см² | 3,20±0,1171 при P=0,95 |
| Вихід штока, мм | 90,20±1,8679 при P=0,95 |
| Розрахунковий коефіцієнт сили натиснення композиційних колодок при швидкості: | |
| 40 км/год | 0,254±0,0716 при P=0,95 |
| 50 км/год | 0,234±0,0395 при P=0,95 |
| 60 км/год | 0,224±0,0251 при P=0,95 |
| 70 км/год | 0,218±0,0173 при P=0,95 |
| 80 км/год | 0,215±0,0127 при P=0,95 |
| 90 км/год | 0,213±0,0097 при P=0,95 |
| 100 км/год | 0,212±0,0077 при P=0,95 |
| 110 км/год | 0,211±0,0062 при P=0,95 |
| 120 км/год | 0,211±0,0052 при P=0,95 |

де $\delta$ - розрахунковий коефіцієнт сили натиснення композиційних колодок;

$\varphi_{кр}$ - розрахунковий коефіцієнт тертя гальмівних колодок, визначається за формулою для композиційних колодок [2]:

$$j_{кр} = 0,36 \cdot \frac{V+150}{2 \cdot V+150} \qquad (13)$$

$[\Psi_g]$ граничний коефіцієнт зчеплення колеса з рейкою, визначена за формулою [2]:

$$[\Psi_g] = \Psi(q_0) \cdot \Psi(V) \qquad (14)$$

$$\Psi(q_0) = 0,17 - 0,000153 \cdot (q_0 - 49) \qquad (15)$$

$$\Psi(V) = \frac{V+81}{2,4 \cdot V+81} \qquad (16)$$

$q_0$ - навантаження на колісну пару (осьове навантаження), тс;

V - швидкість, км/г.

За допомогою коефіцієнта К отримані розрахункові коефіцієнти сили натиснення колодок проектувалися на розподіл імовірності появи повзунів в експлуатації.

Розподіл імовірності пошкоджуваності колісних пар при гальмуванні показали, що для порожнього дослідного вагона імовірність появи повзунів трохи нижче в порівнянні із загальносітьовою (рис. 4). Виконаний аналіз свідчить, що гальмівна система дослідного вагона не має істотної переваги по відношенню до середньостатистичних вагонів.

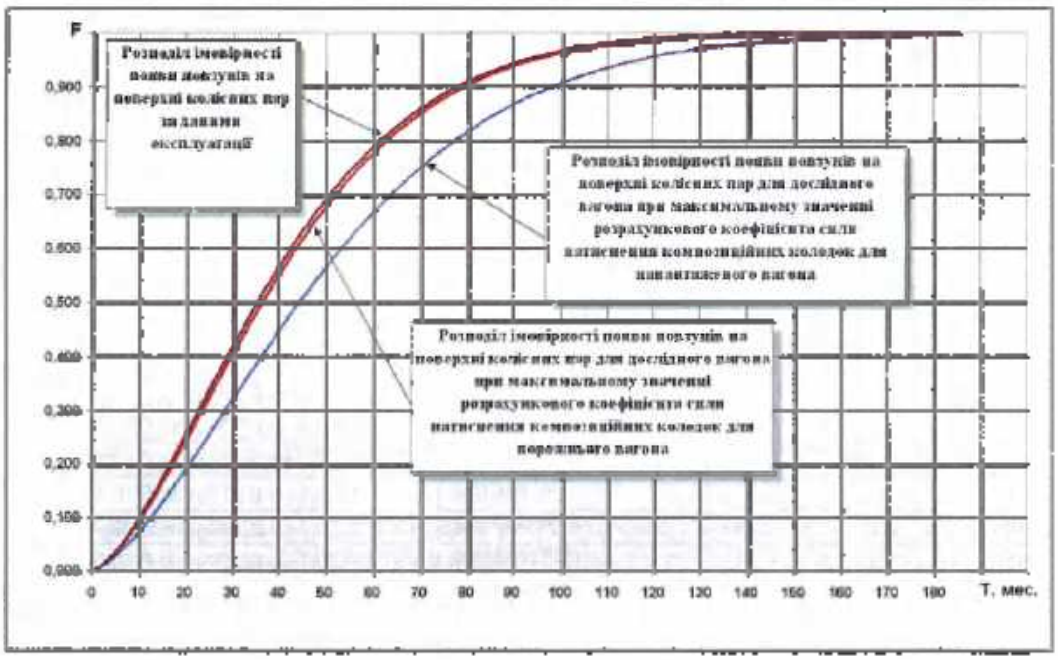



*Рис. 4.* **Розподіл імовірності появи повзунів на поверхні кочення колісних пар вантажного поїзда з порожніх та навантажених вагонів при швидкості 100 км/г.**

**Висновки**

Оцінка гальмівних характеристик з урахуванням невизначеності вимірювань з довірчою імовірністю 0,95, дозволяє визначати інтервал зміни гальмівних характеристик дослідного вагона за результатами поїзних гальмівних випробувань, а як основний критерій – статистичні дані про пошкоджуваність поверхні коліс в експлуатації.

Однак, відсутність даних про пошкодження поверхні кочення коліс в експлуатації вагона-прототипу не дозволяє одержати прогнозований висновок про вплив досліджуваної гальмівної системи на пошкоджуваність колісних пар.

ЛІТЕРАТУРА

1. РМГ 43-2001 Державна система забезпечення єдності вимірів. Застосування «Посібника з вираження невизначеності вимірів».

УДК 629.463 – 592 : 006.053

*Кіпшька Г.П.*
*Шведов А.І.,*
*Яланський М.І.*

# ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ ПЕРСПЕКТИВНИХ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

***Викладені технічні вимоги до гальмівних систем перспективних вантажних вагонів, показали, що для підвищення ефективності залізничного сполучення з країнами Центральної і Західної Європи необхідно вирішити проблеми адаптації рухомого складу до експлуатаційних умов на залізницях різних стандартів.***

Одним із основних питань, які необхідно вирішити при створенні перспективних вантажних вагонів, є розроблення основних технічних вимог до гальмівної системи, яка має відповідати вимогам нормативних документів залізниць Західної Європи та СНД.

В процесі досліджень здійснений аналіз інформації стосовно режимів експлуатації гальмівних систем вантажних вагонів колії 1435 мм і колії 1520 мм, визначені основні положення технічних вимог до гальмівних систем вантажних вагонів.

1 Гальмівна система перспективних вантажних вагонів повинна забезпечувати можливість їх експлуатації на залізницях з шириною колії 1520 мм і 1435 мм.

1.1 На залізницях колії 1435 мм згідно з пам'ятками UIC 432 OR і ОСЖД O+R 520 експлуатація повинна здійснюватися в чотирьох режимах руху, відомості про які наведені в таблиці 1.

*Табл.1.* **Характеристики режимів руху вантажних вагонів колії 1435 мм**

| Режим руху | Максимальна швидкість руху, км/год | Навантаження від колісної пари на рейки, |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Нормальний (вантажний) | 90 | до 22,5 |
| "S" | 100 | до 22,5 |
| "SS/S" | 120 – порожні вагони<br>100 – навантажені вагони | до 22,5 |
| "SS" | 120 | до 22,5 |

1.2 Гальмівна система має забезпечити на залізницях колії 1520 мм експлуатацію вагонів в двох режимах руху, відомості про які наведено в таблиці 2.

*Табл. 2.* **Характеристики режимів руху вантажних вагонів колії 1520 мм**

| Режим руху | Максимальна швидкість руху, км/год | Навантаження від колісної пари на рейки, тс |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Нормальний – (вантажний) | 120 – порожні вагони<br>100 –навантажені вагони [1]<br>120 – навантажені вагони [2] | до 25 |
| Швидкісний | 140 | до 20 |
| [1]вагони обладнані колодковим гальмом з одностороннім натисненням гальмівних колодок;<br>[2] вагони обладнані дисковим гальмом. | | |

1.3 У процесі визначення основних характеристик гальмівних систем вагонів можуть бути розглянуті дві умови експлуатації:

– перша умова – це експлуатація вагонів на залізницях колії 1435 мм на візках типу Y 25, а колії 1520 мм – типу 18-100;

– друга умова – це експлуатація вагонів на залізницях колії 1435 мм і 1520 мм на візках типу 18-100.

2 Складові елементи активної частини гальмівної системи повинні надійно працювати в діапазоні робочих температур від плюс 45°С до -50°С, а складові елементи пасивної частини гальмівної системи повинні витримувати наведену вище температуру та надійно працювати в діапазоні температур від плюс 40 °С до - 40°С (категорія розміщення У1 за ГОСТ 15150, виконання "N" за європейською класифікацією).

3 Схема гальмівної системи має бути вибрана в залежності від ступеня завантаження вагонів в експлуатації і умов експлуатації (тип візків, що використовуються при експлуатації вагонів на коліях 1435 мм і 1520 мм, допустимих гальмівних шляхів і т. п.).

4 Вантажні вагони нового покоління повинні мати гальмівну систему, що забезпечує стабільність гальмівних натиснень і рівномірний розподіл гальмівних сил по візках і вагонах у цілому за рахунок використання:

– гальмівних циліндрів і гальмівної важільної передачі, розташованих на візках;

– авторежимів підвищеної надійності для збільшених діапазонів прогину ресорного підвищування візків і їхнього раціонального розміщення ;

– автоперемикачів вантажних режимів для спеціалізованих вагонів і цистерн, що експлуатуються з повним навантаженням та в порожньому стані;

5 Гальмівна система вагона повинна забезпечувати гальмівні характеристики згідно з пам'яткою UIC 543 OR для колії 1435 мм і згідно з «Нормами для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)» с изменениями и дополнениями от 01.02.2000 г.

5.1 Нормативні значення гальмівної ваги (маси) згідно з пам'яткою UIC 543 OR для вагонів, експлуатація яких передбачена на залізницях колії 1435 мм в залежності від швидкості руху наведені в таблиці 3.

*Табл. 3.* **Гальмівні характеристики вантажних вагонів колії 1435 мм**

| Режим руху | Швидкість руху, км/год | Гальмівна вага (маса),% | | Категорія поїзда | Спосіб регулювання гальмівної сили |
|---|---|---|---|---|---|
| | | мінімальна | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Нормальний | 90 | 60 | – | G | Двохступенева |
| S | 100 | 65[1)] | 125 | P | Двохступенева |
| SS/S | 120/100 | 100/65 | 125 | P | Автоматична |
| SS | 120 | 100[2)] | 125 | P | Автоматична |

[1)] – для навантаження, при якому передбачено переключення режимів гальмування допускається 55;
[2)] – допускається 95

5.2 За способом створення гальмівної сили гальма вагонів можуть бути колодковими з одностороннім або двостороннім натисненням гальмівних колодок, дисковими або колодково – дисковими.

При обладнанні вагонів колодково – дисковими гальмами колодкове гальмо має бути з одностороннім натисненням чавунних колодок. Використання композиційних колодок не дозволяється.

5.3 Гальмівна система с колодковим гальмом, яка є активною при експлуатації на залізницях колії 1520 мм, повинна мати композиційні колодки і допускати установлення чавунних колодок.

5.4 Для вагонів із швидкістю руху 140 км/год при осьовому навантаженні до 20 тс, а також для вагонів із швидкістю руху 120 км/год при осьовому навантаженні до 25 тс найбільш прийнятним є дискове гальмо.

5.5 Для забезпечення необхідної гальмівної ефективності і відсутності юзових ситуацій розрахунковий коефіцієнт сили натиснення гальмівних композиційних колодок або накладок дискового гальма в перерахунку на композиційні колодки повинен бути:

– від 0,22 до 0,37 для порожніх вагонів при швидкостях руху як 120 км/год, так і 140 км/год;

– від 0,14 до 0,31 для навантажених вагонів при швидкості руху до 100 км/год і навантаженні від колісної пари на рейки 22,5 тс;

– від 0,18 до 0,30 для навантажених вагонів при швидкості руху до 120 км/год і навантаженні від колісної пари на рейки 25 тс;

– від 0,22 до 0,31 для навантажених вагонів при швидкості руху до 140 км/год і навантаженні від колісної пари на рейки 20 тс.

**Примітка**: наведені в пункті 5.5 величини розрахункових коефіцієнтів сили натиснення колодок можуть бути уточнені за результатами випробувань дослідних зразків вагонів.

5.6 Різні величини характеристик гальмівної ефективності для колії 1435 мм і 1520 мм можуть бути реалізовані зміною передаточного числа гальмівної важільної передачі в залежності від ширини колії залізниці, на якій експлуатується вагон.

6 Гальмівна система може бути виконана у двох варіантах:

6.1 Варіант 1 - установка на вагоні двох повітророзподільників:

– для колії 1435 мм - повітророзподільник типу КЕ (відповідно до пам'ятки UIC 540);

– для колії 1520 мм повітророзподільник типу 483.

6.1.1 Вагон з гальмівною системою за варіантом 1 повинен мати наступні режимні перемикачі:

– «Колія 1435 мм - колія 1520 мм»

для колії 1435 мм:

– «Гальмо включене - Гальмо виключене»;

– «Вантажний - Пасажирський»;

– «Порожній - Навантажений» при відсутності вантажного авторежиму відповідно до пам'ятки UIC 541 - 1 OR.

для колії 1520 мм:

– «Гальмо включене - Гальмо виключене»;

– «Порожній - Середній - Навантажений» при відсутності вантажного авторежиму.

6.2 Варіант 2 - установка на вагоні одного уніфікованого повітророзподільника КЕ – 483, що відповідає вимогам експлуатації гальм на залізницях колії 1435 мм і колії 1520 мм.

6.2.1 Вагон з гальмівною системою за варіантом 2 повинен мати такі режимні перемикачі:

– «Колія 1435 мм - колія 1520 мм»

– «Гальмо включене - Гальмо виключене»;

– «Вантажний - Пасажирський»;

– «Порожній - Навантажений» при відсутності вантажного авторежиму відповідно до пам'ятки UIC 541 - 1 OR.

6.2.2 При обладнанні вагона гальмівною системою за варіантом 2 більш прийнятним є використання повітророзподільника в комбінації з автовантажним гальмівним режимом, тобто без ручного переключення вантажних режимів.

7 Вагони мають бути обладнані пристроями автоматичного регулювання тиску повітря в гальмівних циліндрах у залежності від ступеню навантаження вагонів.

Допускається ручне переключення вантажних режимів гальмування.

7.1 Використання автоматичного регулятора режимів гальмування і його ви-

кування як для колії 1435 мм, так і для колії 1520 мм має здійснюватися з урахуванням конструкції застосованих віників і типу переходу вагонів з однієї колії на іншу.

7.2 Обраний режим гальмування повинен бути добре розпізнаваним навіть при автоматичному перемиканні.

При автоматичному перемиканні варто віддавати перевагу застосуванню авторежима.

7.3 У випадку ручного перемикання вантажних режимів повітророзподільник повинен мати не менше двох фіксованих режимів тиску повітря в гальмівному циліндрі.

8 У гальмівній системі необхідно передбачити пристрої автоматичного регулювання зазорів між колодками і колесами або між накладками і гальмівними дисками по мірі їхнього зношування.

9 Перемикання гальмівних систем для колії 1435 мм або для колії 1520 мм здійснюється за допомогою перемикаючого пристрою «Колія 1435 мм - Колія 1520 мм» вручну на переставному пункті в процесі перестановки (переходу) вагона з однієї колії на іншу.

9.1 Перемикаючий пристрій повинен працювати з найменшими витратами по обслуговуванню і надійно фіксуватися в крайніх положеннях.

Обране крайнє положення повинне включати одну гальмівну систему та виключати іншу.

9.2 При відмові однієї гальмівної системи інша повинна залишатися працездатною, при двох окремих повітророзподільниках і при одному повітророзподільнику, якщо він не відмовив в роботі.

10 Вагони повинні мати гальмівну магістраль діаметром 1¼". В разі обладнання вагона дисковим гальмом на вагоні необхідно мати зовнішню магістраль.

11 На вагонах, залежно від їхнього призначення, повинне встановлюватися гвинтове гальмо, що діє незалежно від конструкції включеної пневматичної гальмівної системи, відповідає вимогам пам'яток UIC 535-3 і 543, а також „Нормам" для колії 1520 мм і надійно утримує навантажені вагони на ухилах не менше 0,030.

12 З метою підвищення надійності роботи гальмівної системи та достатньої гальмівної ефективності необхідно передбачити:

– створення принципово нового конструктивного компонування повітророзподільника по типу № 483 на вантажних вагонах;

– створення модифікації повітророзподільника типу № 483 з прискореним (пасажирським) режимом наповнення гальмівних циліндрів для швидкісних короткосоставних вантажних поїздів;

– створення електропневматичного гальмівного устаткування для вантажних вагонів з максимальними швидкостями руху більш 120 км/год;

– створення безремонтної гальмівної магістралі.

ЛІТЕРАТУРА

1 НИР по реализации проблемы Государственной программы развития железнодорожного транспорта Украины. Етап: Вагон – хоппер для минеральных удобрений в габарите 02…03 ВМ. Поиск, приобретение и перевод иностранных стандартов, правил и другой НТД на изготовление и эксплуатацию вагонов для минеральных удобрений железных дорог Западной Европы (памяток МСЖД, правил RIV). Анализ материалов и разработка технических требований к конструкции вагона в габарите 02…03 ВМ: Отчет о НИР/ Государственный Украинский научно – исследовательский институт вагоностроения (УкрНИИВ); Руководитель А.П. Киницкая. – Шифр работы 92.96.1.438; № ГР 0193V027608. – Кременчуг, 1996. – 16 с.

2 Проведение всесторонних испытаний крытого вагона типа «Восток – Запад»: Отчет о НИР (завл.)/ Государственный Украинский научно – исследовательский институт вагоностроения (УкрНИИВ); Руководитель В,Ф. Назаренко. – Кременчуг, 1998. – 106 с.

3 Выбор тормозной системы грузовых вагонов типа «Восток – Запад»: Расширенная аннотация/ Государственный Украинский научно – исследовательский институт вагоностроения (УкрНИИВ); Руководитель А.П. Киницкая. – Кременчуг, 1999. – 42 с.

*К 629.45 – 592 : 001.891.5*

***Водяников Ю.Я.***
***Кіницька Г.П.***
***Яланський М.І.,***
***Сафронов О.М.***

# МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ГАЛЬМІВНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА ЗІ ЗМІШАНИМИ ГАЛЬМІВНИМИ (КОМПОЗИЦІЙНИМИ ТА ЧАВУННИМИ) КОЛОДКАМИ

Викладена методика визначення гальмівної ефективності пасажирських вагонів зі змішаними гальмівними колодками, показала, що чавунні колодки, установлені на колісній парі з приводом генератора від середньої частини осі, знижують розрахунковий гальмівний коефіцієнт близько 13 %, при екстреному гальмуванні та максимальному тиску у гальмівному циліндрі 0,42 МПа. Висновки та рекомендації будуть використані виробниками пасажирських вагонів для перспективних вагонів нового покоління.

Відповідно до інструкції [1] розрахункова сила натиснення композиційних колодок на колісну пару пасажирського вагона з тарою 53 т і вище в перерахунку на чавунні приймається рівною 10 тс при швидкості руху до 120 км/год (табл. Д.2.1 [1]), а для швидкостей руху (120-140) км/год і (140-160) км/год збільшується відповідно на 25 % і 30 % (п.10 додаток 2 [1]).

Разом з тим, як показують результати гальмівних поїзних випробувань пасажирських вагонів із приводом генератора від середньої частини осі їх гальмівна ефективність нижче розрахункової і не відповідає гальмівному натисненню, наведеному в інструкції [1]. Про це свідчать результати гальмівних поїзних випробувань дослідного пасажирського вагона при швидкості 160 км/год, що наведені в таблиці 1.

*Табл. 1.* **Результати визначення розрахункового коефіцієнта сили натиснення колодок пасажирського вагона з масою брутто 64 т**

| Тиск повітря в гальмівних циліндрах, МПа | Розрахунковий коефіцієнт сили натиснення колодок в перерахунку на чавуні | | | Відхилення від дослідних значень, % | |
|---|---|---|---|---|---|
| | За результатами випробувань | За типовими залежностями | Згідно з додатком 2 інструкції [1] | Визначених за типовими залежностями | Визначених згідно з додатком 2 інструкції [1] |
| 0,445 | 0,684875 | 0,823681 | 0,8125 | 20,27% | 18,63% |
| 0,46 | 0,769902 | 0,85224 | 0,8125 | 10,69% | 5,53% |

Основним показником ефективності гальмівної системи вагонів є розрахунковий гальмівний коефіцієнт ($\delta_р$), який визначається за формулою:

$$d_{\delta} = \frac{\sum \hat{E}_{\delta}}{P_{\text{вв}} + T} \qquad (1)$$

де $P_{гр}$ - вага вантажу, тс;

$T$ - тара вагона, тс;

$K_p$ - розрахункова сила натиснення гальмівних колодок на колеса, що залежить від дійсної сили натиснення $K_{к(ч)}$, визначається по формулі [2]:

- для чавунних колодок

$$\hat{E}_{\delta}^{+} = 2{,}22 \cdot \hat{E}_{+} \cdot \frac{16 \cdot \hat{E}_{+} + 100}{80 \cdot \hat{E}_{+} + 100} - \qquad (2)$$

- для композиційних колодок

$$\hat{E}_{\delta}^{\hat{e}} = 1{,}22 \cdot \hat{E}_{\hat{e}} \cdot \frac{\hat{E}_{\hat{e}} + 20}{4 \cdot \hat{E}_{\hat{e}} + 20} \qquad (3)$$

Для допустимих максимальних швидкостей руху поїздів установлюється єдине найменше гальмівне натиснення в перерахуванні на чавунні колодки на кожні 100 тс ваги поїзда (табл. 2).

Тому, як основний критерій, для оцінки гальмівної ефективності пасажирського вагона приймається гальмівне натиснення (або розрахунковий коефіцієнт сили натиснення колодок) у перерахунку на чавунні колодки.

*Табл.2.* **Єдине найменше гальмівне натиснення для пасажирських поїздів [3]**

| Максимальна швидкість руху, км/год | Найменше гальмівне натиснення на 100 тс ваги поїзда, тс | Розрахунковий коефіцієнт сили натиснення в перерахунку на чавунні колодки |
|---|---|---|
| до 120 км/год включно | 60 | 0,6 |
| від 120 км/год до 130 км/год включно | 68 | 0,68 |
| від 130 км/год до 140 км/год включно | 78 | 0,78 |
| від 140 км/год до 160 км/год включно | 80 | 0,80 |

З метою врахування різних типів гальмівних колодок, встановлених на вагоні, розрахунковий коефіцієнт сили натиснення колодок у перерахунку на чавунні колодки ($\delta^{*}_{p}$) пропонується визначати за формулою:

$$d_{\delta}^{*} = \frac{n_{k} \cdot d_{\delta}^{\hat{e}\to+} + n_{+} \cdot d_{\delta}^{+}}{n_{k} + n_{+}} \qquad (4)$$

де: $nk$ - кількість осей з композиційними колодками;

$nч$- кількість осей з чавунними колодками;

$\delta_p^{к\to ч}$ - розрахунковий коефіцієнт сили натиснення у перерахунку на чавунні колодки;

$\delta_p^{ч}$ - розрахунковий коефіцієнт сили натиснення чавунних колодок;

Коефіцієнти сили натиснення композиційних ($\delta_p^{к}$ ) та чавунних ($\delta_p^{ч}$ ) колодок визначаються за типовими залежностями [2]. Для визначення розрахункового гальмівного коефіцієнта композиційних колодок у перерахуванні на чавунні для максимальної конструкційної швидкості *(Vo)* використовується рекуррентна формула, що отримана з рівності гальмівного шляху вагона при композиційних і чавунних колодках:

$$d_{\delta(i+1)}^{к\to ч} = \frac{1}{[S_к]} \cdot \sum_{i=1}^{n} \frac{4{,}17 \cdot (V_i^2 - V_{i+1}^2)}{(1000 \cdot j_{кв}^{-} + \frac{w_{i\delta}}{d_{\delta i}^{к\to ч}})} \qquad (5)$$

де $[S_к]$-гальмівний шлях вагона при швидкості для композиційних колодок;

$\varphi_{кр}^{ч}$ - розрахунковий коефіцієнт тертя для чавунних колодок при середній швидкості в кожнім інтервалі, визначений за формулою [2]:

$$j_{кв}^{-} = 0.27 \cdot \frac{(V_i + V_{i+1})/2 + 100}{5 \cdot (V_i + V_{i+1})/2 + 100} \qquad (6)$$

$\varphi_{ox}$ - основний питомий опір руху пасажирського вагона при середній швидкості в кожнім інтервалі, визначений за формулою

$$w_o = 0{,}7 + \frac{8 + 0{,}16 \cdot (V_i + V_{i+1})/2 + 0{,}0023 \cdot ((V_i + V_{i+1})/2)^2}{(P_{ос} + Q)/(n_k + n_ч)} \qquad (7)$$

$\delta_p^{к\to ч}$ - значення розрахункового коефіцієнта сили натиснення композиційних колодок в перерахунку на чавунні колодки, отримане при і-ій ітерації;

$P_{ср}+T$ - брутто вагона, тс.

$Vi$ і $Vi+1$ - відповідно початкова та кінцева швидкість вагона в прийнятому розрахунковому інтервалі швидкостей.

Початкове значення визначається виходячи з рівності питомої гальмівної сили для композиційних і чавунних колодок при початковій швидкості по формулі:

$$d_{\delta 0}^{к\to ч} = \frac{d_o^{\delta} \cdot j_{кв}^{\delta}(V_0)}{j_{кв}^{к}(V_0)} \qquad (8)$$

де $\delta_p^K$ - розрахунковий коефіцієнт сили натиснення композиційних колодок, визначений за типовими залежностями [2];

$\varphi_{kp}^K(V_0)$ і $\varphi_{kp}^ч(V_0)$ - відповідно розрахункові коефіцієнти тертя композиційних і чавунних колодок [2]:

$$j_{kk}^K(V_0) = 0,27 \cdot \frac{V_0 + 100}{5 \cdot V_0 + 100} \quad (9)$$

$$j_{kk}^ч(V_0) = 0,36 \cdot \frac{V_0 + 150}{2 \cdot V_0 + 150} \quad (10)$$

За викладеною методикою виконане визначення гальмівної ефективності (розрахункового коефіцієнта сили натиснення в перерахунку на чавунні колодки) пасажирського вагона з різними типами гальмівних колодок (колісна пара з приводом від підвагонного генератора обладнана чавунними колодками, інші колісні пари – композиційними) за таких параметрів: швидкість руху – 140 км/год; брутто вагона – 64 тс; передаточне число ГВП при композиційних колодках – 5,33; тиск у гальмівному циліндрі – 0,42 МПа; вихід штока гальмівного циліндра – 150 мм.

Результати розрахунку наведені в таблиці 3.

*Табл. 3.* **Результати розрахунку**

| Показники | Величини характеристик за умови, що вагон обладнано | |
|---|---|---|
| | композиційними колодками | чавунними колодками |
| 1 | 2 | 3 |
| Розрахунковий коефіцієнт сили натиснення колодок | 0,2735 | 0,3647 |
| Гальмівний шлях вагона без врахування часу підготовки гальм, м | 1082 | 1005<br>1078<br>1082 |
| Коефіцієнт сили натиснення колодок у перерахунку на чавунні: | | |
| $\delta p0^{K\to ч}$ (формула 5) | | 0,8199 |
| $\delta p1^{K\to ч}$ (формула 5) | | 0,7613 |
| $\delta p2^{K\to ч}$ (формула 5) | | 0,7586 |
| Уточнені значення коефіцієнта сили натиснення у перерахунку на чавунні колодки (формула 4) | $\delta_p^ч = \frac{3 \cdot 0,7586 + 1 \cdot 0,3647}{3+1}$ (розрахункова сила натиснення гальмівних колодок у перерахунку на чавунні колодки – 42,2 тс) | |
| Уточнені значення розрахункового коефіцієнта сили натиснення у перерахунку на композиційні колодки | 0,237 | |
| Гальмівний шлях вагона без врахування часу підготовки гальм, м | 1233 | |

Аналіз результатів проведених розрахункових досліджень показав, що чавунні колодки, установлені на колісній парі з приводом від підвагонного генератора, знижують розрахунковий гальмівний коефіцієнт близько 13%. Якщо прийняти, що при екстреному гальмуванні реалізується максимальний тиск у гальмівному циліндрі 0,42 МПа, то для швидкостей руху від 130 км/год до160 км/год можуть бути допущені вагони з брутто не більше ніж 54 т (коефіцієнт гальмівного натиснення в перерахуванні на чавунні колодки для швидкості 140 км/год не менше 0,78 [3], а для швидкості 160 км/год – не менше ніж 0,80 [3]).

**Висновки**

1. Для оцінки ефективності гальмівної системи пасажирських вагонів необхідно враховувати чавунні колодки, які установлені на колісній парі з приводом генератора від середньої частини осі.

2. Наявність чавунних колодок зменшує розрахунковий гальмівний коефіцієнт пасажирського вагона близько 13%.

3. Для пасажирських вагонів із брутто більше ніж 54 т, для руху зі швидкостями, що перевищують 120 км/год рекомендується використовувати дискові гальма.

4. Для пасажирських вагонів із приводом від підвагонного генератора, одна з колісних пар яких має чавунні колодки, необхідно переглянути норми єдиного гальмівного натиснення у бік його зменшення.

ЛІТЕРАТУРА

1. ЦТ-ЦВ-ІДІ-0015 «Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України». К.: «Транспорт України», 2002.

2. Нормы расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996.

3 Правила технічної експлуатації залізниць України, К., 2002.

*Соляник М.І.*
*Ткачов В.І.*

# ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ХОДОВИХ ВИПРОБУВАНЬ ВАГОНІВ

У теперішній час подальший розвиток отримує рухомий склад залізниць України. Створюються пасажирські й вантажні вагони нового покоління, які мають покращені динамічні та міцнісні якості.

У пасажирському вагонобудуванні пріоритетним є створення вагонів для швидкостей руху 200 км/год і вище, оснащених системою автоматичного діагностування технічного стану основних несучих елементів, для вантажного вагонобудування – підвищення осьового навантаження до 25 тс і більше з одночасним підвищенням швидкостей руху до 140 км/год.

Удосконалювання вагонних конструкцій неможливе без використання досконаліших засобів вимірювальної техніки. Тому є надзвичайно актуальною розробка якісно нових методів досліджень й засобів вимірювальної техніки, покликана підвищити рівень проведення експериментально-дослідницьких робіт зі створення конструкцій вагонів нового покоління.

Одними з основних показників динамічних і ходових якостей рухомого складу залізниць є величини відносних переміщень обресорених і необресорених частин вагона в процесі динамічного впливу при русі вагона по залізничній колії.

Для вимірювання таких переміщень можна застосовувати як прості й відносно недорогі датчики лінійних переміщень реохордного типу, так і сучасні оптичні й механічні цифрові датчики.

При проведенні випробувань вантажних вагонів, обладнаних новими типами візків, виникає необхідність вимірювати вертикальні і горизонтальні буксові переміщення, викликані еластичністю гумово-металевих адаптерів, установлених на касетні буксові підшипники.

Максимальні значення таких переміщень при швидкостях руху вагона до 40 км/год і до 120 км/год наведено в таблиці 1:

*Табл. 1.* – **Значення вертикальних і горизонтальних переміщень букси візка моделі 18-4129 при проведенні динамічних випробувань**

| Модель візка | Ступінь завантаження вагона | Вертикальні переміщення букси, мм | Горизонтальні переміщення букси, мм |
|---|---|---|---|
| 18-4129 (швидкість руху до 40 км/год) | порожній | 2,1 | 1,5 |
| | завантажений | 5,2 | 1,7 |
| 18-4129 (швидкість руху до 120 км/год) | порожній | 4,8 | 2,1 |
| | завантажений | 10,9 | 3,0 |

Ще вищу чутливість повинні мати датчики переміщень, які застосовують

для проведення випробувань з визначення впливу вагонів на колію. Величини переміщень головки рейки при проходженні завантаженого вагона зі швидкостями до 40 км/год і до 100 км/год наведено в (табл. 2)

*Табл. 2.* **Значення вертикальних і горизонтальних переміщень головки рейки при проходженні завантаженого вагона, обладнаного візками моделі 18-4129**

| Тип колії | Напрямок переміщень | Максимальні переміщення, мм при V= 40 км/год | Максимальні переміщення, мм при V= 100 км/год |
|---|---|---|---|
| Пряма з з/б шпалами | вертикальні | 0,8 | 1,2 |
| | горизонтальні | 0,2 | 0,6 |
| Крива з з/б шпалами | вертикальні | 0,5 | 1,6 |
| | горизонтальні | 0,5 | 1,6 |
| Крива з дерев'яними шпалами | вертикальні | 4,5 | 5,4 |
| | горизонтальні | 1,9 | 4,0 |

На підставі даних, отриманих під час експериментальних досліджень динамічних характеристик вагонів, можна зробити висновок про те, що для реєстрації переміщень головки рейки й букси візка необхідні датчики, які мають наступні технічні характеристики: висока чутливість, мала відносна похибка, малі габаритні розміри, конструктивно придатні для установки на дослідний зразок вагона без порушення його габаритів, надійність роботи в умовах сильного забруднення й значних перепадів температур, збереження працездатності під впливом вологи й при зледенінні в холодну пору року.

Установити цифрові мікроімпульсні датчики переміщення, що мають великі габаритні й установчі розміри, на буксові адаптери не порушуючи при цьому габарити візків не видається можливим. Застосування оптичних датчиків обмежується як розмірами, так і їхньою надійністю роботи в умовах забруднення їхніх елементів, що надсилають та відбивають промінь. Реохордні датчики до всіх перерахованих недоліків мають ще й велику похибку вимірів у діапазонах 0-5 мм.

Для вирішення зазначених проблем запропонований датчик (Рис. 1, 2) виконаний із чотирьох тензорезисторів, пластини із пружинної сталі і як елементи монтажу використовується: металевий кутник і шпилька з різьбою М 6. Один з варіантів монтажу запропонованого датчика для вимірювання горизонтального переміщення букси колісної пари щодо бокової рами візка вантажного вагона показано на рис. 3.

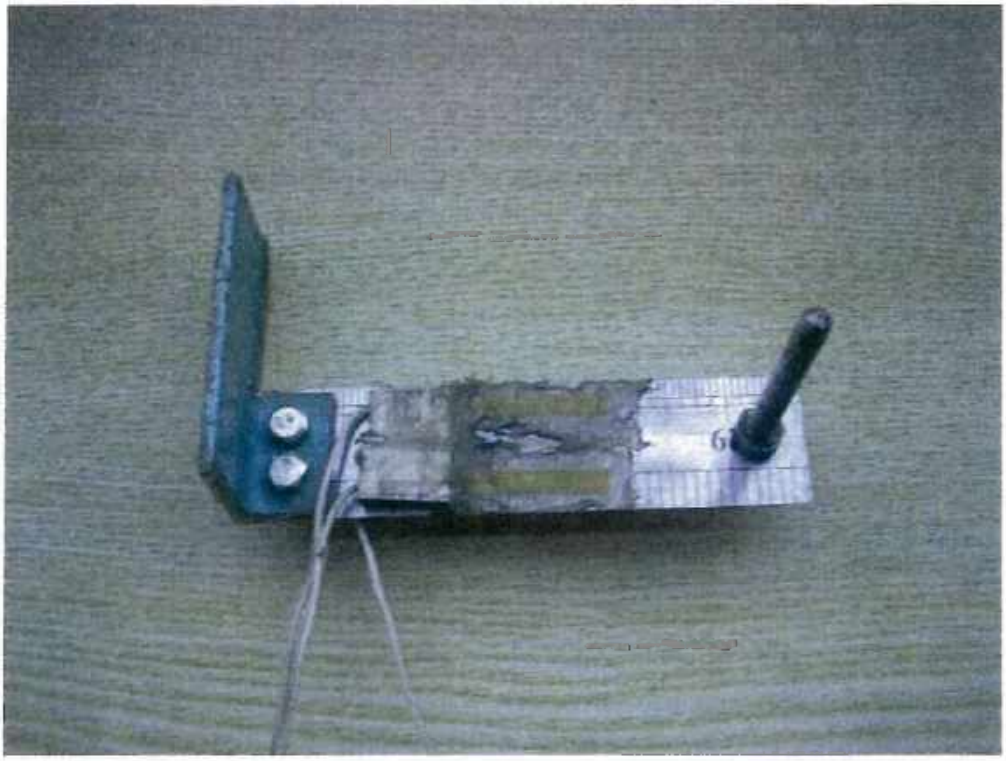


*Рис. 1* – **Зовнішній вигляд датчика для вимірювання переміщень (0 ÷ ±5мм).**

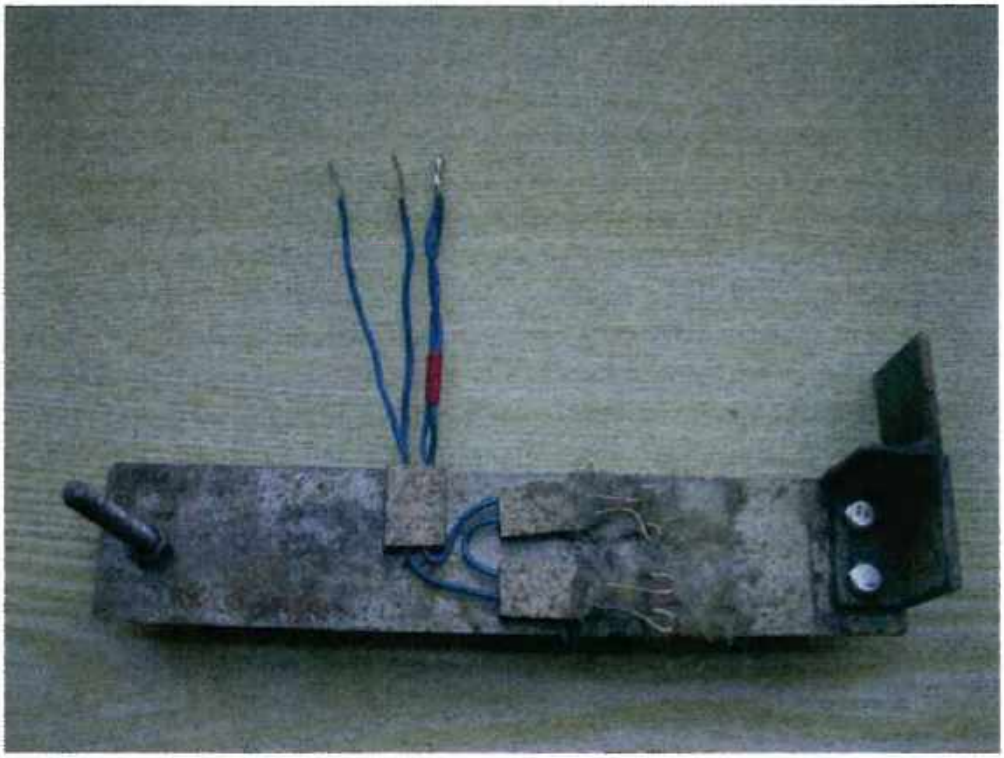


*Рис.2* – **Зовнішній вигляд датчика для вимірювання переміщень (0 ÷ ±20мм).**

*Рис. 3* – **Монтаж датчика для вимірювання горизонтальних буксових переміщень візка моделі 18 - 4129.**

Запропонований датчик лінійних переміщень порівняно з іншими датчиками має ряд переваг:

- підвищує точність (разом з тензопідсилювачем похибка складає не більше 1,0%) і межі (від 0,005 мм) вимірів;
- має невеликі габаритні розміри, що дозволяє використовувати його для різних елементів конструкції вагона;
- вирізняється простотою виготовлення й надійністю в роботі, а також стійкістю до впливу несприятливого середовища;
- не вимагає складних і громіздких елементів кріплення.

Калібрування таких датчиків виконується або вимірювальними щупами безпосередньо на місці його установки, або індикатором годинникового типу за допомогою спеціального пристосування.