

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

Факультет Львівського інституту  
(назва факультету)

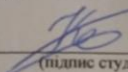
Кафедра «Рухомий склад залізниць і колія»  
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка  
до кваліфікаційної роботи  
бакалавра  
(ступінь вищої освіти)

на тему: Аналіз гальмівних характеристик дизель-поїзда ДПКр3

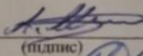
за освітньою програмою Локомотиви та локомотивне господарство  
зі спеціальності: 273 «Залізничний транспорт»  
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: ЛГ19117

  
(підпис студента)

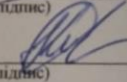
/ Богдан КІНДЗЕРСЬКИЙ /  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:

  
(підпис)

/ доцент Андрій МІЛЯНИЧ /  
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

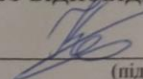
Нормоконтролер:

  
(підпис)

/ викладач Іван КРАВЕЦЬ /  
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з  
праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

  
(підпис)

Львів – 2022 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine  
Ukrainian State University of Science and Technologies

Faculty of the Lviv institute

---

(faculty)

Railways rolling stock and track

---

(department)

Explanatory Note

to Master's Thesis

bachelor

(higher education degree)

on the topic: Analysis of the braking parameters of the diesel train DPKr3

---

according to educational curriculum Locomotives and locomotive economy

in the Speciality: 273 "Railway transport"

(speciality and its code )

Done by the student of the group: LG19117 / Bohdan KINDZERSKYI /

(name, surname)

Scientific Supervisor: / Andriy MILYANYCH /

(position, name, surname)





Normative controller : / lecturer Ivan KRAVETS /

(position, name, surname)

Dnipro – 2022

## ЗМІСТ

ПЕРЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП .....	8
<b>1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДА</b>	
ДПКРЗ .....	10
1.1 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДА.....	10
1.2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ.....	13
1.3 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ГАЛЬМІВНОЇ ВАЖЛИВОЇ ПЕРЕДАЧІ ТА ПРИВОДУ ГАЛЬМ.....	17
<b>2 АНАЛІЗ МЕТОДИКИ ГАЛЬМІВНИХ РОЗРАХУНКІВ .....</b>	<b>21</b>
2.1 МЕТОД РОЗРАХУНКУ ГАЛЬМІВНОГО ШЛЯХУ ЗА ІНТЕРВАЛАМИ ШВИДКОСТІ ТА ЗА РОЗРАХУНКОВИМИ ЗНАЧЕННЯМИ КОЕФІЦІЄНТУ ТЕРТЯ ТА СИЛИ НАТИСНЕННЯ.....	21
2.2 МЕТОД РОЗРАХУНКУ ГАЛЬМІВНОГО ШЛЯХУ ЗА ІНТЕРВАЛАМИ ЧАСУ ТА ЗА РОЗРАХУНКОВИМИ ЗНАЧЕННЯМИ КОЕФІЦІЄНТУ ТЕРТЯ ТА СИЛИ НАТИСНЕННЯ.....	24
2.3 АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАГАЛЬНОПРИЙНЯТИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ГАЛЬМІВНОГО ШЛЯХУ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ГАЛЬМІВНОГО ШЛЯХУ ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДА ДПКР-3 З ДИСКОВИМИ ГАЛЬМАМИ.....	25
<b>3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ГАЛЬМІВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК .....</b>	<b>27</b>
3.1 ПРОБЛЕМА ВИЗНАЧЕННЯ ГАЛЬМІВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДА З ДИСКОВИМИ ГАЛЬМАМИ.....	27
3.2 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМОЇ СПОВЛІНЮЮЧОЇ СИЛИ ТА ЇЇ СКЛАДОВИХ.....	32
3.3 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВОГО НАТИСНЕННЯ НА ВІСЬ .....	33

					0041.190545.01.ВКР.ПЗ			
м	Арк	№ документа	Підпис	Дата	Аналіз гальмівних характеристик дизель-поїзда ДПКР-3	Літера	Аркуш	Аркушів
зробив		Б. КИДЗЕРСЬКИЙ		19.06				
інсульт								
ривник		Андрій МІЛЯНИЧ		19.06				
контр.		Іван КРАВЕЦЬ		19.06				
в.каф.		Олена БАЛЬ		19.06				
						ЛІ УДУНТ		



## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

(рівень освіти)

51 с., 7 рис., 4 табл., 1 додаток, 25 джерел.

Об'єкт розробки – гальмівна система дизель-поїзда ДПКр-3.

Мета роботи – встановлення гальмівних характеристик нового рухомого складу – дизель-поїзда ДПКр-3 і порівняння їх з гальмівними характеристиками аналогів..

Методи дослідження – порівняльний метод, метод розрахунку гальмівних характеристик.

Визначено параметри гальмівної системи дизель-поїзда ДПКр-3 та проведено порівняння з найближчим аналогом – дизель-поїздом ДР1А. Встановлено числові значення основних параметрів, які необхідні для розрахунку гальмівного шляху: розрахункового натиснення на вісь та розрахункового гальмівного коефіцієнту.

Результати роботи можуть стати основою для аналогічних досліджень інших типів рухомого складу, для яких показники гальмівної системи не визначені а також для продовження досліджень у напрямку уточнення інших показників, що використовуються при розрахунку гальмівного шляху: основного питомого опору та прискорення поїзда під дією одиничної прискорюючої сили.

Ключові слова: ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗД, ГАЛЬМІВНА СИСТЕМА, ПАРАМЕТРИ, ДИСКОВЕ ГАЛЬМО, РОЗРАХУНКОВИЙ КОЕФІЦІЄНТ НАТИСНЕННЯ ГАЛЬМІВНИХ КОЛОДОК НА ВІСЬ,

**ПЕРЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,  
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

АЦСГ	Автоматична централізована система гребнезмащування
ЗТП	Залізнично-транспортна пригода
ДНУЗТ	Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
КВБЗ	Крюківський вагонобудівний завод
КЛУБ-У	Комплексний локомотивний пристрій безпеки
ПТР	Правила тягових розрахунків

						Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		7

## ВСТУП

Гальмівна система є обов'язковим елементом кожного транспортного засобу. Вони використовуються для зниження швидкості та зупинки транспортного засобу, особливо в аварійній ситуації, на найкоротшій відстані та з максимальною ефективністю. Гальмівна система - одна з базових систем транспортних засобів, що відіграє визначальну роль у забезпеченні безпеки як для користувачів транспортних засобів (пасажирів), так і для оточуючих людей та об'єктів. Відмова гальмівних систем є однією із основних причин транспортних пригод. Тому забезпечення ефективності та надійності гальмівної системи є основною метою на етапі конструювання, виготовлення та експлуатації всіх типів транспортних засобів, що діють у світі.

Питаннями удосконалення гальмівних систем рухомого складу займалось багато видатних українських та зарубіжних учених. Відомими є праці Ф.П. Казанцева, І.К. Матросова, Б.Л. Кравацького, В.М. Казарінова, В.Г. Іноземцева, які складають вітчизняну наукову базу у галузі гальмівних систем.

Одну з провідних ролей у науковому супроводі розвитку гальмівних систем відіграють вчені Українського державного університету науки і технологій. Так ученими кафедри «Вагони» проводились дослідження сумісності гальмівних систем рухомого складу українських залізниць з гальмівними системами європейського рухомого складу. Результати досліджень відображені у [1 - 3] та ін. Ефективності роботи гальмівних систем та удосконаленню методів розрахунку гальмівного шляху присвячені роботи [4 - 9] та ін.

Таким чином аналіз літературних джерел, що присвячені проблемі розвитку гальмівних систем і оцінки їх ефективності показує, що у нашій державі існують значні напрацювання в області удосконалення гальм. У той же час гальмівним системам з дисковим гальмом приділена недостатня увага. Так, у роботі [10], яка виконана під керівництвом видатного ученого-гальмівника, завідувача кафедри «Вагони» ДНУЗТ професора С.С. Довганюка відзначено, що при проведенні комплексних сертифікаційних випробувань дизель-поїзда ДПКр-3 було виявлено, що діючі нормативи розрахунку забезпеченості поїзда

						Арк.
						8
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

гальмами неможливо застосувати до сучасного моторвагонного рухомого складу. Основною причиною цього є використання дискових гальм з композиційними гальмівними накладками, для яких метод перерахунку гальмівного натиснення у чавунні гальмівні колодки застосованим бути не може.

Таким чином питання аналізу гальмівних характеристик дизель-поїзда ДПКР-3 є актуальним для залізничного транспорту України.

*Метою кваліфікаційної роботи* є встановлення гальмівних характеристик нового рухомого складу – дизель-поїзда ДПКР-3 і порівняння їх з гальмівними характеристиками аналогів.

Для досягнення вказаної мети необхідно проаналізувати конструкцію гальмівної системи дизель-поїзда, ознайомитись з методиками гальмівних розрахунків та визначення гальмівних характеристик, визначити гальмівний шлях дизель-поїзда різними методами, проаналізувати отримані результати та порівняти їх з гальмівними характеристиками інших дизель-поїздів.

						Арк.
						9
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

# 1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДА ДПКР3

## 1.1 Технічні характеристики дизель-поїзда

Дизель-поїзд – це постійно сформований рухомий склад з трьох, чотирьох або шести вагонів, крайні із яких моторні (мають дизель і кабіну управління), всі інші – причіпні. Дизель-поїзд використовується для обслуговування приміських пасажирських перевезень на неелектрифікованих залізничних лініях [11].

В Україні експлуатуються дизель-поїзди серій ДР, ДР-1, ДР-1А, які випускались Ризьким заводом. Крім того, в Україні ще продовжують експлуатуватися дизель-поїзди серії Д1 виробництва Угорщини.

У останні роки на Крюківському вагонобудівному заводі налагоджено випуск вітчизняних дизель-поїздів серії ДПКр – ДПКр-2 та ДПКр-3.

Пасажирський дизель-поїзд ДПКр-2 – дизель-поїзд підвищеного комфорту, що призначений для забезпечення пасажирських перевезень по мережі залізничних колій 1520 мм, зі швидкістю до 140 км/год. Ходова частина – два двовісні візки з пневмопідвішуванням мод. 68-7085 (привідний) і мод. 68-7090 (непривідний) [12].

Дизель-поїзд ДПКр-3 є подальшою модифікацією дизель-поїзда ДПКр-2, який побудований у 2019 році [12]. Загальний вигляд дизель-поїзда показаний на рис. 1.1.

Дизель-поїзд ДПКр-3, не зважаючи на певну схожість, окремими вузлами значно відрізняється від свого попередника. Так силові установки та двигуни потужніші, вони більше за розмірами, і займають більше підвагонного простору. Проміжний вагон не є моторним, що призвело до повної заміни розташування усього підвагонного обладнання - головні елементи системи охолодження винесені на дах, був облаштований простір для комунікацій, їх підключення і управління.

						Арк.
						10
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд дизель-поїзда ДПКр-3 виробництва КВБЗ.

Кардинальні зміни зазнала конструкція вагонів. Найпросторішим є проміжний вагон, в якому передбачені 61 місце першого класу за схемою 2x2 і санітарний модуль. В одному з головних вагонів 58 місць другого класу за схемою 2x3, там також є купе стюарда. В іншому головному вагоні - 51 місце другого класу, в цьому вагоні знаходиться санітарний модуль збільшеного розміру для пасажирів з інвалідністю, є місце для колясок. Наявність зазначених особливостей, як зазначили на заводі, зажадало розробки нової конструкторської документації і повністю нового проекту [12].

Також новими є система опалення, розподільні шафи контролю та діагностики, система охолодження двигунів, трубні магістралі, які піднімаються з-під вагона на дах.

У ДПКр-3 застосовано нове самостійне рішення в частині електропостачання всіх споживачів вагонів. Встановлено нові системи локомотивної і пожежної безпеки українського виробництва [12]. Основні технічні характеристики дизель-поїзда наведені у табл. 1.1.

						Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		11

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики дизель-поїзда ДПКр-3

Параметр	Значення
Ширина колії, мм	1520
Габарит вагонів по ДСТУ Б В.2.3-29 (ГОСТ 9238)	Т
Колісна база вагонів, мм	17 000
Довжина вагонів по вісям автосцепок, мм:	
головного	24 448
причіпного	24 596
Ширина вагона, мм	3 500
Висота вагона по кузову, мм	4 400
Потужність силової установки (по дизелю), кВт	2x588
Тип приводу	Гідродинамічний
Кількість сидячих місць, шт. включно:	170 (+2)
головний вагон	58
головний вагон з туалетом для пасажирів-інвалідів	51
проміжний вагон	61
місць для пасажирів в інвалідних візках	2
Середнє прискорення дизель-поїзду при розгоні до 60 км/год, м/с <sup>2</sup>	0,36
Візок моделі	68-7085 та 68-7090
Максимальна експлуатаційна швидкість, км/год	140
Матеріал кузова вагона	Нержавіюча сталь
Термін служби, років	40

						Арк.
						12
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

## 1.2 Технічна характеристика гальмівної системи.

Згідно [11], гальма — це комплекс пристроїв у поїзді, призначених для штучного збільшення опору руху поїзда шляхом створення гальмових сил з метою зменшення його швидкості або зупинки. Енергія рухомого поїзда при гальмуванні перетворюється в теплову і розсіюється в навколишньому середовищі.

Гальмування буває службове і екстрене. Службове гальмування — це гальмування ступенями визначеної величини для плавного зниження швидкості чи зупинки поїзда у заздалегідь передбаченому місці, коли тиск в гальмових приладах забезпечує половину максимальної гальмової сили. Екстрене гальмування застосовується для термінової зупинки поїзда шляхом екстреної розрядки магістралі та реалізації максимальної гальмової сили.

Гальмівний шлях — це відстань, яку проходить поїзд від початку гальмування з моменту переведення ручки крана машиніста в гальмове положення до повної зупинки. Гальмівні шляхи розрізняються залежно від виду гальмування (службове, повне службове та екстрене). Чим ефективніші гальма, тим коротший гальмівний шлях.

Гальмова сила залежить від сили тиску гальмових колодок і коефіцієнта тертя колодок до ободів коліс. Ця сила не повинна бути більшою сили зчіплювання коліс з рейками, інакше колеса не будуть крутитись, а повзти на рейках, внаслідок чого виникають на поверхні кочення коліс повзуни.

Залежно від приводів гальма бувають:

- пневматичні, які управляються і приводяться в дію за допомогою стисненого повітря, — найбільш поширені на залізницях;
- електропневматичні — це пневматичні гальма з електричним приводом, вони більш швидкодіючі, ніж пневматичні;
- електричні — гальмову силу створюють тягові електродвигуни, які працюють при гальмуванні в режимі генераторів і цим гальмують рух ведучих колісних пар;
- електромагнітні — гальма, в яких використовуються електромагніти, які

						Арк.
						13
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

діють на рейки і створюють гальмову силу; ця сила не залежить від зчеплення коліс з рейками;

- ручні з гвинтовим механічним приводом; ними обладнуються всі локомотиви, моторвагонний і спеціальний самохідний рухомий склад, пасажирські вагони, а також вантажні, які мають гальмові (перехідні) площадки; використовуються для утримання поїзда на підйомі у разі несправності автоматичних гальм.

Пневматичні, електропневматичні гальма є автоматичними і забезпечують можливість застосування різних режимів гальмування, керованість і плавність гальмування, а також зупинку поїзда після розриву гальмової магістралі чи включення стоп-крана.

Залежно від місця прикладання гальмових сил, гальма бувають:

- колодочні (найбільш поширені), в яких гальмування виконується шляхом притискання гальмових колодок до поверхні кочення колеса;

- дискові (застосовуються рідко), в яких гальмування здійснюється шляхом притискання гальмових накладок до спеціальних дисків, надітих на осі колісних пар.

З [13, 14] встановлено, що дизель-поїзд ДПКр-3 обладнаний декількома видами гальм. Основною гальмівною системою є автоматичні пневматичні гальма, які забезпечують зупинку дизель-поїзда у разі роз'єднання або обриву гальмівної магістралі або при активації стоп-крана. Дизель-поїзд також обладнаний електропневматичними гальмами. За типом приводу ці гальма є фрикційними дисковими. Моторні вагони, крім того обладнані гідродинамічними гальмами, які мають можливість спільної дії з фрикційними гальмами, а також ручні гальма.

Дизель-поїзд обладнаний пристроєм, який забезпечує синхронне зняття тяги за умови будь-яких гальмувань з робочої кабіни управління дизель-поїздом, під час гальмування автостопом, під час гальмування стоп-краном в поїзді, за умови порушення цілісності гальмівної або живильної магістралей. При дії динамічних гальм на приводних вагонах можлива дія фрикційних

						Арк.
						14
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

електропневматичних на неприводному візку. Якщо поїзд знаходиться в режимі «Гальмування» і при цьому одночасно з прямодіючим гальмом застосовується непрямодіюче гальмо, дія гідродинамічного гальма блокується з метою запобігання «перегальмування» привідного візка. Крім того, забезпечується автоматичне заміщення електропневматичним гальмом з відповідним тиском у гальмівних циліндрах у випадку відмови гідродинамічних гальм або при зниженні їх ефективності, а також екстрене пневматичне гальмування з безпосередньою розрядкою гальмівної магістралі у разі відмови електропневматичних гальм під час руху.

Дизель-поїзд обладнаний системою протискочування для утримання дизель-поїзда на місці у випадку відсутності тягового зусилля і одночасного відпуску гальм.

Автоматична система аварійно- екстреного гальмування з органом управління на пульті передбачає:

- автоматичне вмикання автоматичних гальм (екстрене гальмування);
- зняття тягового зусилля;
- подача піску під колісні пари (за швидкості більше, ніж 10 км/год);
- вмикання звукового сигналу великої гучності (тифона).

Гальмівна система забезпечує управління усіма видами гальм, окрім стоянкових, як у рамках дії системи автоматичного управління поїздом, так і безпосередньо машиністом, через контролер управління гальмами при усіх режимах ведення поїзда.

Стоянкові гальма вмикаються та вимикаються централізовано з кабіни машиніста, а також передбачений ручний відпуск кожного гальма окремо. Ухил, на якому повинен утримуватися поїзд з максимальним завантаженням стоянковими гальмами, складає не менше 30 %.

Гальмівна система забезпечує безступеневе регулювання гальмівного зусилля залежно від кількості пасажирів.

Пристрої екстреного гальмування (стоп-крани) розташовані також в пасажирських салонах, які діють на гальмування (не менше двох на салон) з

						Арк.
						15
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

табличками правил користування та можливістю пломбування. Забезпечується блокування екстреного гальмування при спрацьовуванні пристрою екстреного гальмування (стоп-крана) в тунелях і на мостах.

Дизель-поїзд також обладнаний протиюзним пристроєм та блокуючим пристроєм, який унеможливує рух дизель-поїзда за відсутності повітря в гальмівній системі.

Гальмівна система обладнана широким переліком сигнальних пристроїв та індикаторів: сигналізацією відпуску гальм на панелі приладів кожної кабіни головних вагонів, індикатором стану стоянкових гальм та індикатором стану дискових гальм з обох боків вагонів, необхідними контрольно-вимірювальними пристроями для перевірки стану гальм, системою автоматичного діагностування гальм. Крім того, гальмо кожного вагона обладнане системою контролю його стану, в тому числі, зовнішньою сигналізацією, розташованою на бічних стінках кузовів, про загальмованість та відпуск.

Забезпечується сигналізація стану гальм в цілому і окремо хвостового вагона на пульті управління шляхом виведення інформації на терміналі машиніста. На пульті управління встановлені манометри прямої дії: гальмівної магістралі, живильної магістралі, гальмівних циліндрів і зрівнювального резервуара головного вагона (за наявності його в конструкції).

Також забезпечується візуальна сигналізація параметрів роботи гальм усіх вагонів поїзда:

- а) відпуск пневматичних гальм всіх вагонів та окремого вагона на хвості поїзда;
- б) приведення в дію стоянкового гальма в кожному вагоні;
- в) приведення в дію стоп-кранів у кожному вагоні;
- г) включення компресорних установок.

Забезпечується оперативний показ на відповідний дисплей у кабіні управління величин тисків у гальмівних циліндрах кожної осі вагонів при перевірках і випробуванні дії пневматичних гальм. Результати випробування гальм виводяться на пристрій відображення інформації в кабіні управління.

						Арк.
						16
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Гальмівний шлях дизель-поїзда зі швидкості 140 км/год з максимальним завантаженням за умов екстреного гальмування на площадці на чистих і сухих рейках при проведенні динамічних випробувань [13] склав:

- для завантаженого дизель-поїзда: при гальмуванні електропневматичним гальмом – 742 м; пневматичним – 864 м;
- для порожнього дизель-поїзда: при гальмуванні електропневматичним гальмом – 752 м, пневматичним – 841 м. [13].

### **1.3 Аналіз конструкції гальмівної важільної передачі та приводу гальм.**

Важільна передача гальма і безпосередньо механізм приводу гальм змонтовані на візках. У дизель-поїзді ДПКр-3 застосовуються привідні (моторні) візки моделі 68-7085 та непривідні (підтримуючі) візки моделі 68-7090 [12].

Двовісний привідний візок безлюлькового типу моделі 68-7085 (рис. 1.2) призначений для підкочення під вагони дизель-поїздів з гідромеханічною коробкою передач, що експлуатуються на залізницях колії 1520 мм з конструкційною швидкістю 140 км / год.

Візок обладнаний: колісними парами з буксовими вузлами, колісними гальмівними дисками і редукторами, встановленими на середній частині вісі;

циліндричними пружинами буксового (первинного) ресорного підвішування; пневматичними ресорами центрального (вторинного) ресорного підвішування; гідравлічними гасниками коливань - вертикальними і горизонтальними; елементами дискового гальма; торсіонним пристроєм; електронною системою, що включає в себе датчики протизнозного пристрою, датчиків контролю нагріву системи буксових вузлів і датчиків системи КЛУБ-У; системою подачі піску в зону контакту колеса з колією.

Двовісний непривідний візок безлюлькового типу моделі 68-7090 (рис. 1.3) призначений для підкочення під вагони дизель-поїздів, що експлуатуються на залізницях колії 1520 мм з конструкційною швидкістю 140 км/год.

						Арк.
						17
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

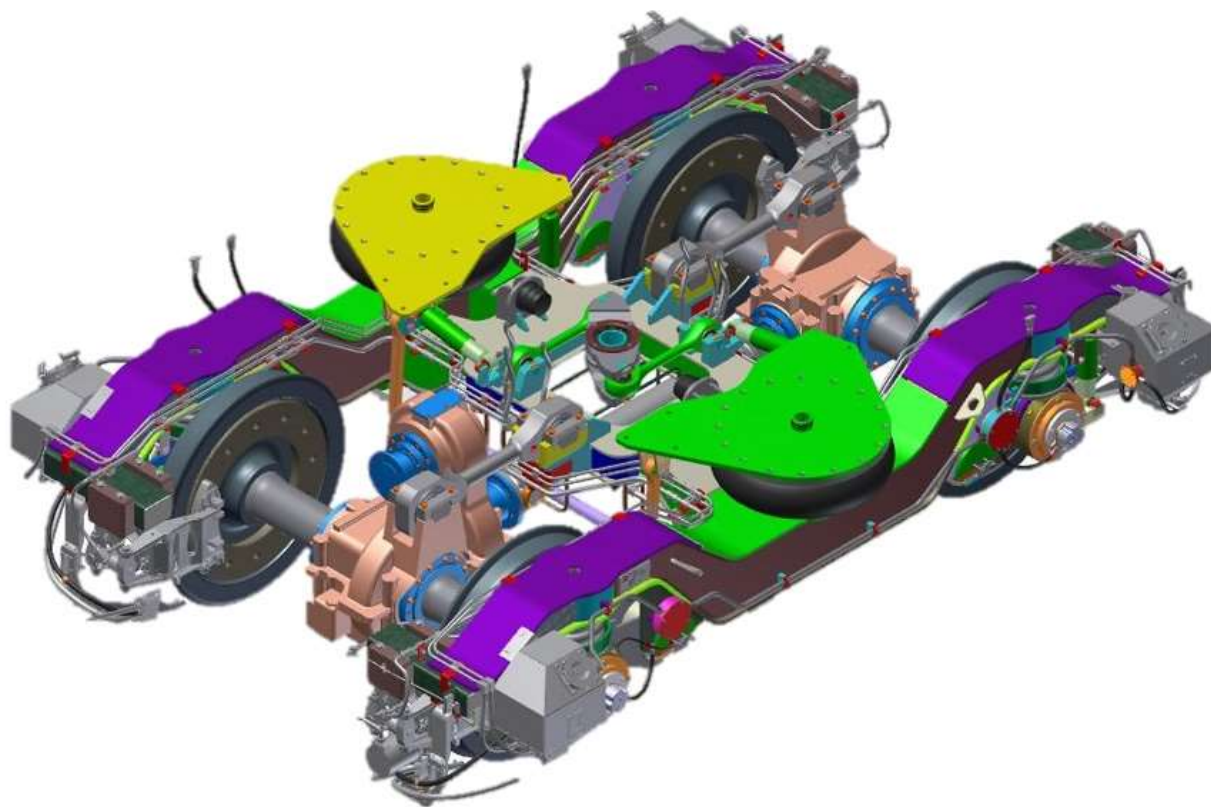


Рисунок 1.2 – Привідний візок моделі 68-7085

						Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		18

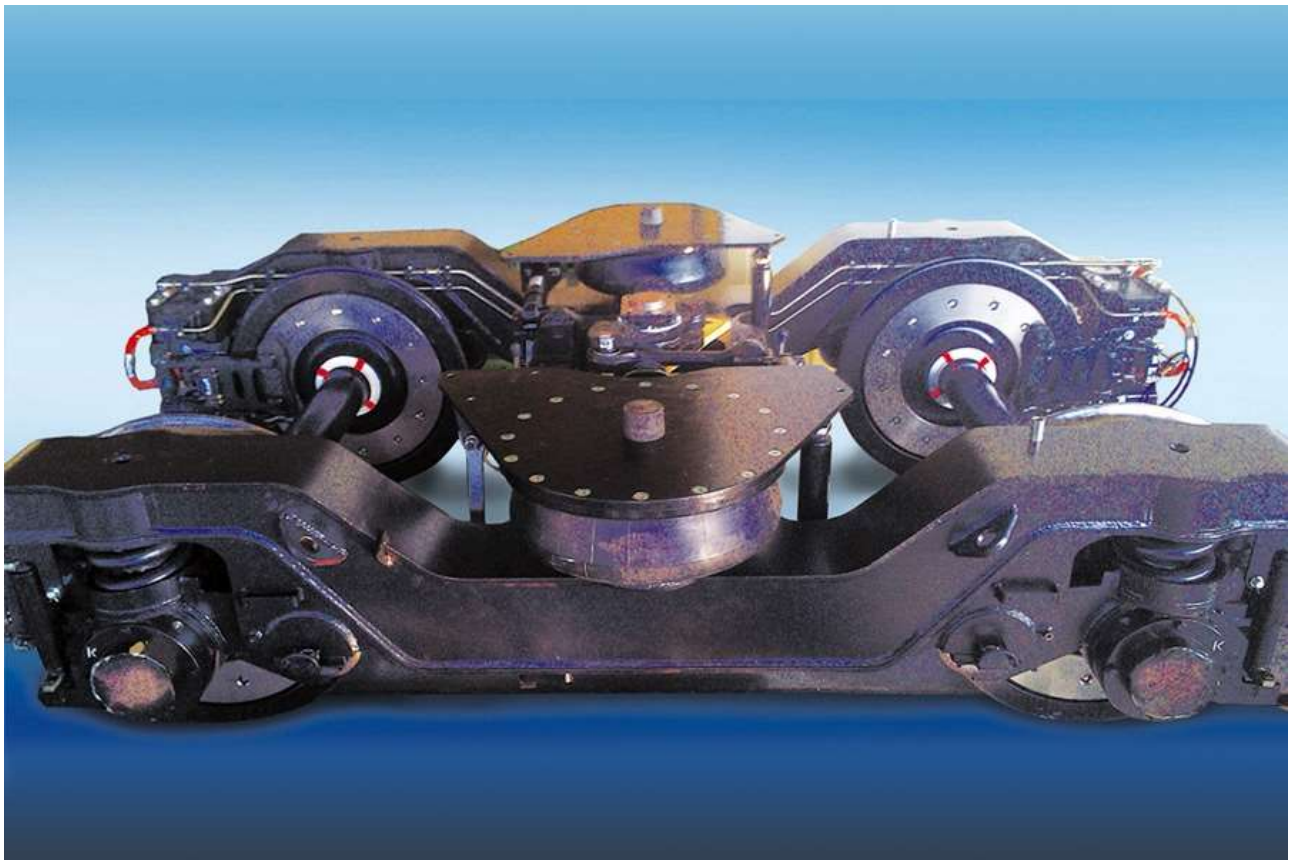
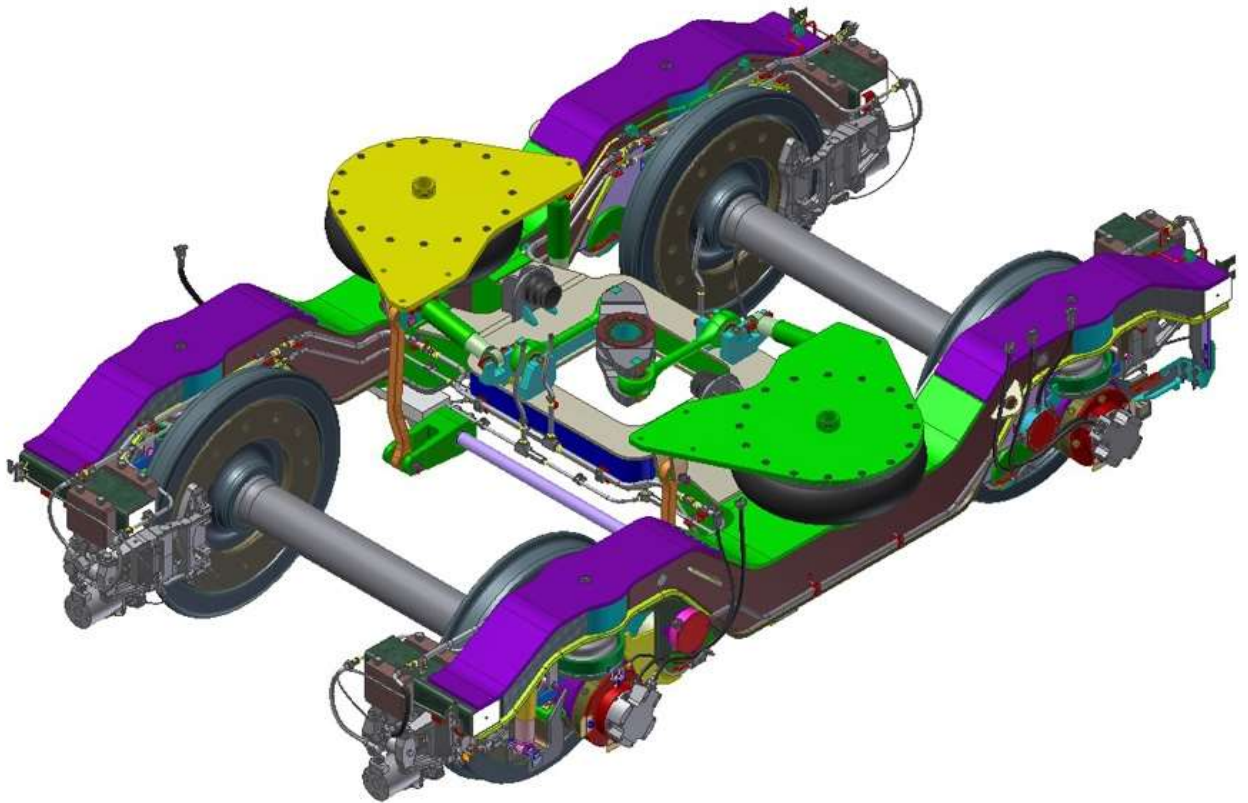


Рисунок 1.3 – Непривідний візок моделі 68-7090

						Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		19

Візок обладнаний:  
колісними парами з буксовими вузлами і колісними гальмівними дисками;  
циліндричними пружинами буксового (первинного) ресорного підвішування;  
пневматичними ресорами центрального (вторинного) ресорного підвішування;  
гідравлічними гасниками коливань - вертикальними і горизонтальними;  
елементами дискового гальма;  
торсіонним пристроєм;  
електронною системою, що включає в себе датчики протизюзного пристрою, датчиків контролю нагріву системи буксових вузлів і датчиків системи КЛУБ-У;  
автоматичною централізованою системою гребнезмащування (АЦСГ).

Таким чином, за типом дії гальма дизель-поїзда ДПКр-3 є фрикційними дисковими. На кожному візку окремо встановлені колісні гальмові диски, вентиляваної конструкції, жорстко закріплені на колесах з чавунною поверхнею тертя. Безпосередньо гальмування здійснюється гальмовими блоками (кліщовими механізмами) з вбудованими гальмовими циліндрами діафрагмового типу, і автоматичними регуляторами зазорів між дисками і гальмовими накладками. При цьому забезпечується зручний доступ до гальмівних накладок при їх заміні.

Забезпечується контроль величини тиску в гальмових циліндрах кліщових механізмів, з передачею даних на пульт управління в головних вагонах.

Дискові гальма будь-якого візка можуть бути відключені вручну.

						Арк.
						20
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

## 2 АНАЛІЗ МЕТОДИКИ ГАЛЬМІВНИХ РОЗРАХУНКІВ

### 2.1 Метод розрахунку гальмівного шляху за інтервалами швидкості та за розрахунковими значеннями коефіцієнту тертя та сили натиснення

Вказаний метод рекомендується застосовувати лише у випадках гальмування з початкової швидкості 50 км/год та вище на магістральному залізничному транспорті при відсутності явних ознак несправного стану гальмівної системи та ознак руху коліс юзом.

При розрахунку за даними методом величина гальмівного шляху приймається рівною сумі шляху підготовки гальм до дії та дійсного шляху гальмування

$$s_r = s_n + s_d, \quad (2.1)$$

де  $s_n$  - шлях підготовки гальм до дії, м;

$s_d$  - дійсний гальмівний шлях, м.

Шлях підготовки гальм до дії визначається за формулою

$$s_n = 0,278 v_0 t_n, \quad (2.2)$$

де  $v_0$  - початкова швидкість гальмування, км/год;

$t_n$  - час підготовки гальм до дії, с.

Час підготовки гальм до дії, у залежності від типу рухомого складу визначається за формулами:

для пасажирських поїздів при пневматичних гальмах, та одиночних пасажирських локомотивів:

						Арк.
						21
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$t_{\text{п}} = 4 - \frac{5i}{b_{\text{r}}}, \quad (2.3)$$

де  $i$  - величина ухилу, на якому відбувається гальмування, ‰;

$b_{\text{r}}$  - питома гальмівна сила, Н/кН.

для пасажирських поїздів при електропневматичних гальмах:

$$t_{\text{п}} = 2 - \frac{3i}{b_{\text{r}}}. \quad (2.4)$$

Дійсний шлях гальмування визначається за формулою

$$s_{\text{д}} = \sum_{i=1}^n \frac{500(v_{\text{пi}}^2 - v_{\text{кi}}^2)}{\zeta c}, \quad (2.5)$$

де  $v_{\text{пi}}$  - початкова швидкість у інтервалі гальмування, км/год;

$v_{\text{кi}}$  - кінцева швидкість у  $i$ -ому інтервалі гальмування, км/год;

$\zeta$  - прискорення поїзда від дії одиничної питомої сили, км/год<sup>2</sup>;

$c$  - повна питома сповільнююча сила, Н/кН.

Значення  $\zeta$  приймається у залежності від типу рухомого складу і для дизель-поїздів становить  $\zeta = 116$  км/год<sup>2</sup>.

Повна питома сповільнююча сила у нормальних умовах руху визначиться як

$$c = b_{\text{r}} + w_{\text{x}} + w_{\text{i}}, \quad (2.6)$$

де  $w_{\text{x}}$  - основний питомий опір руху дизель-поїзда при холостому ході моторного вагона, Н/кН;

$w_{\text{i}}$  - питомий опір руху від ухилу колії, Н/кН.

						Арк.
						22
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Питома гальмівна сила буде дорівнювати

$$b_{\Gamma} = 1000\varphi_{\text{кр}} \mathcal{G}_p, \quad (2.7)$$

де  $\varphi_{\text{кр}}$  - розрахунковий коефіцієнт тертя колодок по колесу;

$\mathcal{G}_p$  - розрахунковий гальмівний коефіцієнт поїзда.

Правила [15] та довідник [16] визначають наступні розрахункові формули для визначення розрахункового коефіцієнту тертя у залежності від типу гальмівних колодок:

для стандартних чавунних колодок

$$\varphi_{\text{кр}} = 0,27 \frac{v + 100}{5v + 100}; \quad (2.8)$$

для колодок з підвищеним вмістом фосфору

$$\varphi_{\text{кр}} = 0,3 \frac{v + 100}{5v + 100}. \quad (2.9)$$

для композиційних колодок

$$\varphi_{\text{кр}} = 0,36 \frac{v + 150}{5v + 150} \quad (2.10)$$

Розрахунковий гальмівний коефіцієнт поїзда визначається за виразом

$$\mathcal{G}_p = \frac{\sum_{i=1}^n K_{pi}}{Q + P} \quad (2.11)$$

						Арк.
						23
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

де  $K_{pi}$  - розрахункове натиснення гальмівних колодок на  $i$ -ту вісь, кН;

$Q$  - вага причіпних вагонів, кН;

$P$  - вага моторних вагонів, кН.

Основний питомий опір руху дизель-поїзда при холостому ході моторного вагона визначається за рекомендаціями [15, 16]:

$$w_x = w'_0 + w_3, \quad (2.12)$$

де  $w'_0$  - основний питомий опір руху дизель-поїздів в режимі тяги, Н/кН;

$w_3$  - питомий опір руху від тертя у силовій трансмісії.

$$w'_0 = 1,1 + 0,01v + \left( 0,000167 + \frac{0,000461}{m_{дп}} \right) v^2, \quad (2.13)$$

де  $m_{дп}$  - загальна кількість вагонів у дизель-поїзді.

$$w_3 = (0,47 + 0,014 \cdot v) \frac{m_m}{m_{дп}}, \quad (2.14)$$

де  $m_m$  - кількість моторних вагонів у дизель-поїзді.

Питомий опір від ухилу за значенням дорівнює величині вказаного ухилу, що виражена у ‰, тобто

$$w_i = i. \quad (2.16)$$

						Арк.
						24
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

## 2.2 Метод розрахунку гальмівного шляху за інтервалами часу та за розрахунковими значеннями коефіцієнту тертя та сили натиснення

Вказаний метод рекомендується застосовувати при гальмуванні зі швидкості  $v_0 < 50$  км/год та при відсутності явних ознак несправності гальмівної системи. Розрахунок за інтервалами часу обов'язково проводиться у випадках, коли існують відомості про те, що зіткнення, наїзд або схід з рейок відбулися ще до повного наповнення гальмівних циліндрів стиснутим повітрям (час від моменту приведення гальм до дії до моменту ЗТП менший, ніж 10 сек).

При розрахунку за даним методом

$$s_{\Gamma} = \sum_{i=1}^n \Delta s_{\Gamma i}. \quad (2.13)$$

Приріст гальмівного шляху у інтервалі:

$$\Delta s_{\Gamma} = \frac{\Delta t \cdot v_{\text{cp}}}{3,6}. \quad (2.14)$$

Приріст (зменшення) швидкості  $\Delta v$  у інтервалі часу  $\Delta t$  складає:

$$\Delta v = -\frac{\Delta t \cdot c \cdot \zeta}{3600}. \quad (2.15)$$

Величина  $c$  у цьому випадку розраховується аналогічно до попереднього методу.

						Арк.
						25
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

### **2.3 Аналіз можливості застосування загальноприйнятих методів розрахунку гальмівного шляху для розрахунку гальмівного шляху дизель-поїзда ДПКр-3 з дисковими гальмами.**

Для розрахунку гальмівного шляху за методами, які наведені вище необхідно визначити або уточнити ряд показників, які для дизель-поїзда ДПКр-3 не визначені, або вимагають уточнення.

У першу чергу необхідно визначити величину розрахункового натиснення гальмівних колодок на вісь, яка входить до виразів (2.7), (2.11) і необхідні для розрахунку питомої гальмівної сили та часу підготовки гальм до дії. Слід зазначити, що величина розрахункового натиснення гальмівних колодок на вісь для усіх типів рухомого складу приводиться у ПТР [15], Інструкції [19] та інших нормативних документів, що регулюють застосування гальм рухомого складу на залізницях України. Також слід зазначити, що величина розрахункового гальмівного натиснення зазначається у довідці про забезпечення поїзда гальмами та справну їх дію форми ВУ-45.

Наступною проблемою, яка вимагає вирішення, є уточнення значення величини прискорення поїзда від дії одиничної питомої сили  $\zeta$ , яка входить до виразів (2.5) та (2.15). Згідно ПТР [15] для дизель-поїздів приймається  $\zeta = 116$  км/год<sup>2</sup>. Однак, зважаючи на те, що вказана величина залежить від особливостей ходової частини і системи приводу, її необхідно уточнити для дизель-поїзда ДПКр-3.

Також вимагає перевірки можливість застосування розрахункових формул (2.13) та (2.14) для визначення основного питомого опору руху дизель-поїзда та питомого опору руху від тертя у силовій трансмісії.

Методики для визначення цих показників існують і, серед іншого викладені у [22], [23].

						Арк.
						26
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

## 3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ГАЛЬМІВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

### 3.1 Проблема визначення гальмівних характеристик дизель-поїзда з дисковими гальмами.

У [10] наведені результати експериментального визначення гальмівного натиснення накладок на 100 ваги поїзда в перерахунку на чавунні гальмівні колодки. Для цього, по прийнятій на теренах колишнього СНД методиці, датчиками сили, які були установлені у кліщові механізми замість гальмівних накладок (рис. 3.1), вимірювались величини сил натиснення гальмівних накладок на диски. На дизель-поїзді установлені дискові колісні гальма. Сили натиснення вимірювались у порожньому і завантаженому станах по три рази при пневматичному екстреному, електропневматичному і роботі стоянкового гальма.

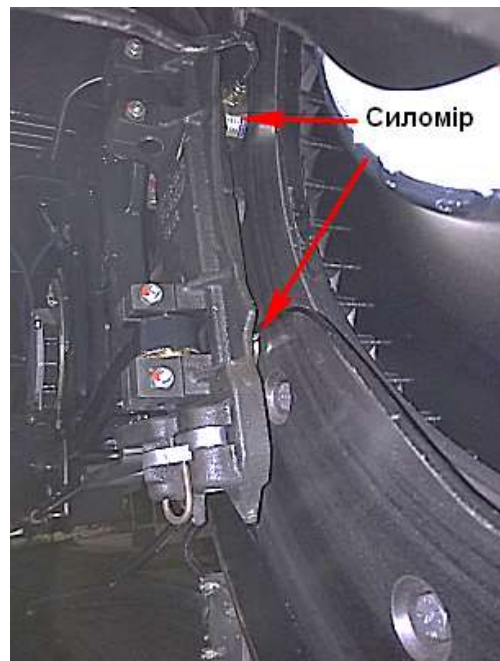


Рисунок 3.1 - Установка датчиків сили при визначенні сили натиснення  
накладки

"Викидів" при визначенні сили натиснення накладок на диски не було і в розрахунок приймалися середні значення трьох вимірювань.

						Арк.
						27
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

В табл. 3.1 приведені середні значення дійсних натиснень гальмівних накладок на диски у порожньому і завантаженому станах при різних режимах гальмування, які отримані у роботі [10].

Таблиця 3.1 – Середні значення дійсних натиснень гальмівних накладок на диски для дизель-поїзда ДПКр-3.

Вид гальмування, інші	Стан	Натиснення, кгс (63-7083А)			Натиснення, кгс (63-7084А)		
		Візок ТВ1	Візок МВ1	Разом	Візок ТВ2	Візок ТВ3	Разом
Пневматичне	Завантаж.	15203	15244	30447	10468	10610	21078
	Порожній	15318	14280	29598	10223	10225	20448
Електропневматичне	Завантаж.	15763	15483	31246	11509	11598	23107
	Порожній	15078	14662	29740	11175	11266	22441
Стоянкове гальмо	Завантаж.	13104	11987	25091	8085	8139	16224
	Порожній	12980	11983	24963	8046	8149	16195
Вага, кгс	Завантаж.	73940			57100		
	Порожній	69193			52126		
Вид гальмування, інші	Стан	Натиснення, кгс (63-7083А-01)			Дизель-поїзд		
		Візок МВ2	Візок ТВ4	Разом			
Пневматичне	Завантаж.	15088	15069	30157	81682		
	Порожній	14317	14389	28706	78752		
Електропневматичне	Завантаж.	15337	15625	30962	85315		
	Порожній	14443	15056	29499	81680		
Стоянкове гальмо	Завантаж.	12200	13220	25420	66735		
	Порожній	12191	13053	25244	66402		
Вага, кгс	Завантаж.	74480			205520		
	Порожній	69706			191025		

Знаючи величини дійсних натиснень для композиційних гальмівних колодок авторами у [10] обчислено розрахункові значення натиснень за формулою:

$$K_p = 1,22 \frac{0,1K + 20}{0,4K + 20} \quad (3.1)$$

де  $K$  – величина дійсного натиснення гальмівних накладок, кН.

Для оцінки забезпеченості гальмами залізничного рухомого складу користуються величиною коефіцієнту сили натиснення гальмівних накладок на диски:

$$\delta_p = \frac{\sum K_p}{Q} \cdot \frac{R}{r} \quad (3.2)$$

де  $\sum K_p$  – сумарне розрахункове натиснення гальмівних накладок вагона, кН,

$Q$  – вага вагона, кН,

$R$  – радіус колеса по колу кочення, 322 мм,

$r$  – середній радіус тертя гальмівного диску, 467,5 мм.

Результати обчислень розрахункових натиснень та коефіцієнтів сили натиснення в перерахунку на композиційні та чавунні гальмівні колодки окремо взятих вагонів та гальмівного коефіцієнта дизель поїзда в цілому у завантаженому стані приведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Результати обчислень розрахункових натиснень та коефіцієнтів сили натиснення для дизель-поїзда ДПКр-3.

Вагон	Вага, кН	Композиційні		Чавунні	
		$\sum K_p$ , кН	$\delta_p$	$\sum K_p$ , кН	$\delta_p$
63-7083А	725,35	289,06	0,27	342,92	0,33
63-7084А	560,15	212,81	0,26	270,56	0,33
63-7083А-01	730,65	286,82	0,27	340,86	0,32
Дизель-поїзд	2016,15	788,69	0,269	954,32	0,326

При швидкості 140 км/год. згідно графіка, приведеного у [16], ефективність композиційних гальмівних колодок (накладок) збільшується у 1,22 рази порівняно з чавунними. Натиснення композиційних накладок на вісь 85,73 кН моторного вагона 63-7083А буде відповідати в перерахунку на чавунні колодки натисненню 104,59 кН.

В такому випадку коефіцієнт сили натиснення  $\delta_p$  в перерахунку на чавунні гальмівні колодки складе:

$$\delta_p = \frac{104,59 \cdot 4}{725,35} \cdot \frac{322}{467,5} = 0,397.$$

У [10] відзначається, що згідно Технічного завдання на проектування дизель-поїзда ДПКр-3, єдине найменше гальмівне натиснення, в перерахунку на чавунні гальмівні колодки, на кожні 100 тс ваги дизель-поїзда повинно бути не менше 78 тс.

З урахуванням коефіцієнта ефективності при швидкості 140 км/год. гальмівне натиснення, в перерахунку на чавунні гальмівні колодки, на кожні 100 тс ваги дизель-поїзда складає 39,7 тс. Таким чином умова ТЗ згідно приведених розрахунків не виконується.

Автори у [10] відзначають, що згідно Норм [17, табл. 9.2] мінімально допустиме значення коефіцієнта натискання гальмових колодок (композиційних) або накладок дискових гальм пасажирських вагонів при максимальних швидкостях до 160 км/год і пневматичних гальмах становить 0,3. Значення для швидкості до 140 км/год відсутнє.

Автори також відзначають, що згідно аналогічних Норм для несамохідного рухомого складу [18, табл. 9.2] мінімально допустиме значення коефіцієнта натискання композиційних гальмових колодок для вагонів масою брутто 64-75 т (моторні вагони дизель-поїзда) і швидкості 140 км/год становить 0,25, що менше обчисленого і задовольняє умові. Для вагонів масою брутто 53-64 т

						Арк.
						30
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

(причіпний вагон дизель-поїзда) мінімально допустиме значення становить 0,27, що більше обчисленого і не задовольняє умові.

На основі проведених досліджень автори у [10] відзначають, що названі нормативні документи не відносяться до дизель-поїзда, а вимоги діючих інструкцій [19, 20, 21] з нормативів забезпечення гальмами неможливо застосовувати до дизель-поїзда ДПК<sub>р</sub>-3, який обладнаний гальмівною системою KNORR-BREMSE з колісно-дисковими гальмами.

Задачу визначення єдиного найменшого гальмівного натиснення в перерахунку на чавунні гальмівні колодки, на кожні 100 тс ваги дизель-поїзда автори у [10] пропонують вирішувати від зворотного, застосувавши номограму гальмівного шляху пасажирського поїзда з чавунними гальмівними колодками при екстремому гальмуванні на площадці.

Під час ходових випробувань при пневматичному екстремому гальмуванні у завантаженому стані на прямій дільниці з величиною ухилу  $\pm 2$  проміле (тисячних) середня величина гальмівного шляху за результатами трьох гальмувань склала: зі швидкості 140 км/год. – 868 м, зі швидкості 120 км/год. – 634 м зі швидкості 100 км/год. – 473 м, зі швидкості 80 км/год. – 290 м.

Якщо знаходити по номограмі (рис. 3.2) [19, рис. 317а] величину гальмівного натиснення на 100 тон ваги поїзда з такими величинами гальмівного шляху, то його величина складає більше 100 тс на 100 тс ваги поїзда (рис.2.2).

Таким чином, на основі проведених досліджень автори у [10] роблять висновок, що для таких дизель-поїздів (ДПК<sub>р</sub>-2, ДПК<sub>р</sub>-3), де застосування гальмівних колодок, а тим більше чавунних, не передбачено конструкцією, необхідно розробити нормативні документи які би визначали нормативи по гальмах для такого типу рухомого складу за результатами розрахунків і випробувань. Інакше дані довідки про гальма форми ВУ-45 не відображають фактичні величини.

						Арк.
						31
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

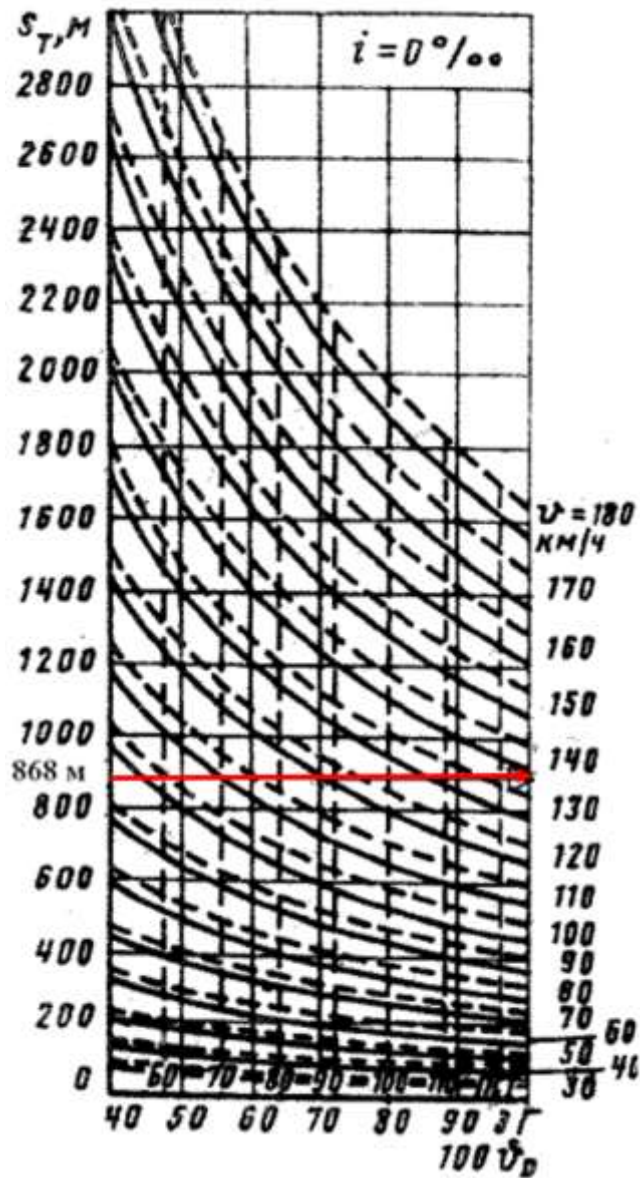


Рисунок 3.2 - Номограма гальмівного шляху пасажирського поїзда з чавунними гальмівними колодками

### 3.2 Методика визначення питомої сповільнюючої сили та її складових

Для знаходження величини  $s$  з (2.14) виразимо  $\Delta t$  і підставимо знайдений вираз у (2.15)

$$\Delta t = \frac{3,6s_r}{v_{cp}}, \quad (3.3)$$

$$\Delta v = -\frac{s_r \cdot c \cdot \zeta}{v_{cp}} \cdot 10^{-3}. \quad (3.4)$$

Виразимо звідси величину  $c$

$$c = -\frac{\Delta v \cdot v_{cp}}{s_r \cdot \zeta} \cdot 10^3. \quad (3.5)$$

Величина питомої гальмівної сили визначиться з виразу (2.6)

$$b_r = c - w_x - w_i. \quad (3.6)$$

### 3.3 Методика визначення розрахункового натиснення на вісь

Знаючи величину питомої гальмівної сили з виразу (2.7) можна визначити величину розрахункового гальмівного коефіцієнта поїзда  $\mathcal{G}_p$ , попередньо визначивши величину розрахункового коефіцієнта тертя композиційних гальмівних колодок за формулою (2.10):

$$\mathcal{G}_p = \frac{b_r}{1000\varphi_{кр}} \quad (3.7)$$

Далі, з формули (2.11) можемо визначити сумарне розрахункове натиснення колодок на колеса

$$\sum_{j=1}^n K_{pj} = \mathcal{G}_p \cdot (Q + P), \quad (3.8)$$

і, знаючи кількість осей  $n$  визначити натиснення на одну вісь:

						Арк.
						33
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$K_p = \frac{\sum_{j=1}^n K_{pj}}{n} \quad (3.9).$$

Таким чином, запропонована методика дозволяє визначити ключові гальмівні характеристики дизель-поїзда ДПКр-3: розрахункове натиснення гальмівних колодок на вісь, розрахунковий гальмівний коефіцієнт поїзда і питому гальмівну силу, що дозволяє проводити розрахунок гальмівного шляху дизель-поїзда ДПКр-3.

						Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		34

## 4 РОЗРАХУНОК ГАЛЬМІВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДА ТА ЇХ АНАЛІЗ

### 4.1 Вихідні дані до розрахунку

Вихідні дані до розрахунку визначені на основі результатів статичних та динамічних випробувань дизель-поїзда ДПКр-3, що виконані у випробувальному центрі ДНУЗТ у рамках проведення приймальних випробувань даного дизель-поїзда і аналізу їх результатів [10, 13,14].

Повна вага дизель-поїзда становить [10]

$$(P + Q) = 74,48 + 57,1 + 73,94 = 205,52 \text{ тс} = 2016 \text{ кН}$$

При проведенні ходових гальмівних випробувань отримана графічна залежність гальмівного шляху від швидкості початку гальмування [13]

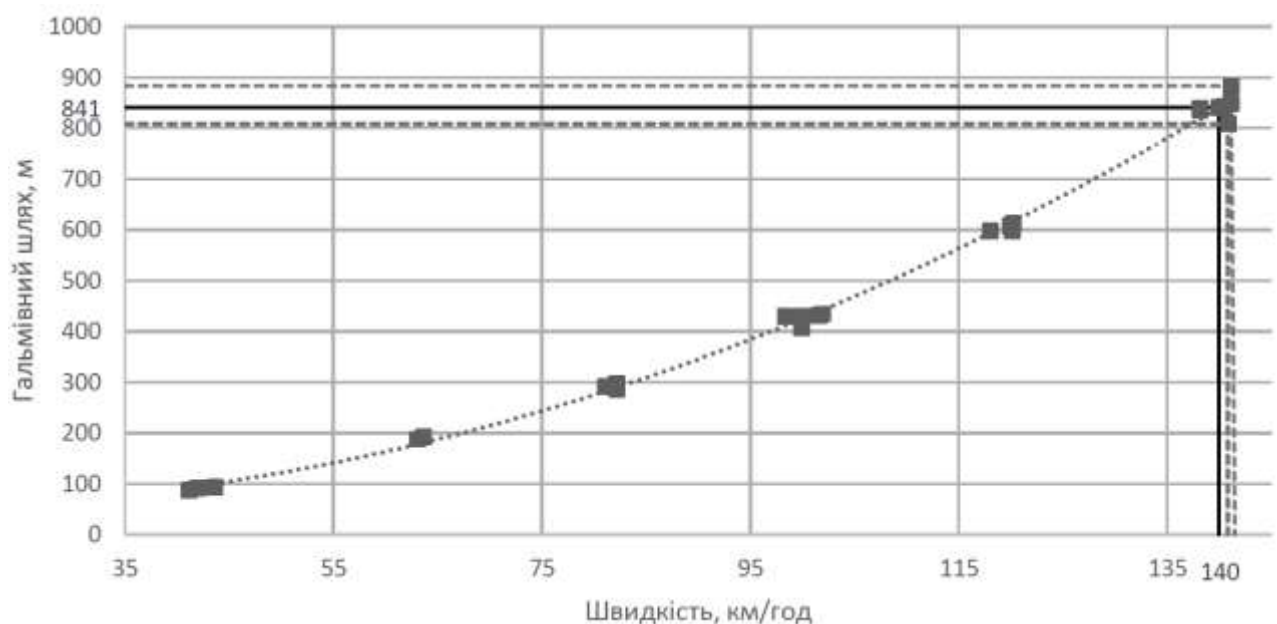


Рисунок 4.1 – Графік залежності гальмівного шляху від швидкості на початку гальмування пневматичним гальмом, порожній дизель-поїзд ДПКр-3 (запозичено з [13]).

Вказана графічна залежність переведена у табличну форму (стовбці 1,2 табл. 4.1) з інтервалом швидкостей  $\Delta v = 10$  км/год.

#### 4.2 Визначення основних гальмівних характеристик дизель-поїзда ДПКр-3

Основні гальмівні характеристики дизель-поїзда ДПКр-3 визначені з використанням методики, що наведена у розділі 3. Покажемо детальний розрахунок для інтервалу швидкостей 50...40 км/год.

$$\Delta v = 40 - 50 = -10 \text{ км/год};$$

$$v_{\text{сери}} = \frac{40 + 50}{2} = 45 \text{ км/год};$$

Значення гальмівного шляху у і-ому інтервалі визначимо з рис. 4.1:

$$s_{\text{ги}} = 30,1 \text{ м}$$

Тоді:

$$c_i = -\frac{-10 \cdot 45}{30,1 \cdot 116} \cdot 10^3 = 129 \text{ Н/кН};$$

$$w_{\text{зи}} = (0,47 + 0,014 \cdot 45) \frac{2}{3} = 0,733 \text{ Н/кН};$$

$$w'_{\text{0и}} = 1,1 + 0,01 \cdot 45 + \left( 0,000167 + \frac{0,000461}{3} \right) 45^2 = 2,2 \text{ Н/кН};$$

$$w_{\text{xi}} = 2,2 + 0,733 = 2,93 \text{ Н/кН};$$

						Арк.
						36
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$b_{ri} = 129 - 2,93 - 0 = 126 \text{ Н/кН};$$

$$\varphi_{кри} = 0,36 \frac{45 + 150}{5 \cdot 45 + 150} = 0,187;$$

$$g_{pi} = \frac{126}{1000 \cdot 0,187} = 0,673;$$

$$\sum_{j=1}^n K_{pji} = 0,673 \cdot 2016 = 1357 \text{ кН};$$

$$K_{pi} = \frac{1357}{12} = 113,1 \text{ кН} = 11,53 \text{ тс.}$$

Результати розрахунку для інших інтервалів швидкості зведемо до табл 4.1.

За розрахункове значення сили натиснення гальмівних колодок на вісь слід прийняти середнє значення натиснення на усіх інтервалах. Воно буде становити

$$K_p = 115,9 \text{ кН} = 11,8 \text{ тс}$$

#### 4.3 Аналіз та порівняння отриманих гальмівних характеристик

Проаналізуємо отримані гальмівні характеристики дизель-поїзда ДПКр-1 шляхом порівняння їх з найближчим аналогом – дизель-поїздом ДР1-А, який також обладнаний дисковими гальмами.

Дизель-поїзд ДР1-А є модифікацією дизель-поїздів серії ДР [24, 25] і складається з двох моторних і чотирьох причіпних (проміжних) вагонів. Ці поїзда можуть працювати по системі двох одиниць, тобто чотири моторних та вісім причіпних вагонів, керування якими здійснюється з однієї кабіни.

						Арк.
						37
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Результати розрахунку параметри гальмівної системи дизель-поїзда ДПКр-3.

$V_{kl},$ км/ГОД	$V_{pl},$ км/ГОД	$\Delta V_l,$ км/ГОД	$V_{сепл},$ км/ГОД	$S_{rl},$ М	$C_l,$ Н/кН	$W_{3l},$ Н/кН	$W'_{0l},$ Н/кН	$W_{xl},$ Н/кН	$b_{rl},$ Н/кН	$\varphi_{крл}$	$g_{pl}$	$\sum_{j=1}^n K_{pij}$ кН	$K_{pl},$ кН	$K_{pi},$ тс
40	50	-10	45	30	128,96	0,733	2,199	2,933	126,03	0,187	0,673	1357	113,1	11,53
50	60	-10	55	40	119,07	0,827	2,620	3,447	115,62	0,174	0,666	1342	111,9	11,40
60	70	-10	65	50	113,06	0,920	3,105	4,025	109,04	0,163	0,669	1349	112,4	11,46
70	80	-10	75	59	109,03	1,013	3,654	4,667	104,36	0,154	0,676	1364	113,6	11,58
80	90	-10	85	69	106,13	1,107	4,267	5,373	100,76	0,147	0,685	1381	115,1	11,73
90	100	-10	95	79	103,95	1,200	4,944	6,144	97,81	0,141	0,693	1397	116,4	11,87
100	110	-10	105	89	102,26	1,293	5,685	6,979	95,28	0,136	0,701	1412	117,7	12,00
110	120	-10	115	98	100,89	1,387	6,491	7,877	93,01	0,132	0,707	1425	118,8	12,11
120	130	-10	125	108	99,78	1,480	7,360	8,840	90,94	0,128	0,712	1435	119,6	12,19
130	140	-10	135	118	98,84	1,573	8,294	9,867	88,98	0,124	0,715	1442	120,2	12,25

Кожен візок поїзда оснащений чотирма дисковими гальмами (рис. 4.1), що складаються з наступних основних компонентів: гальмівного диска, важільної передачі, двох гальмівних колодок, гальмівного циліндра.

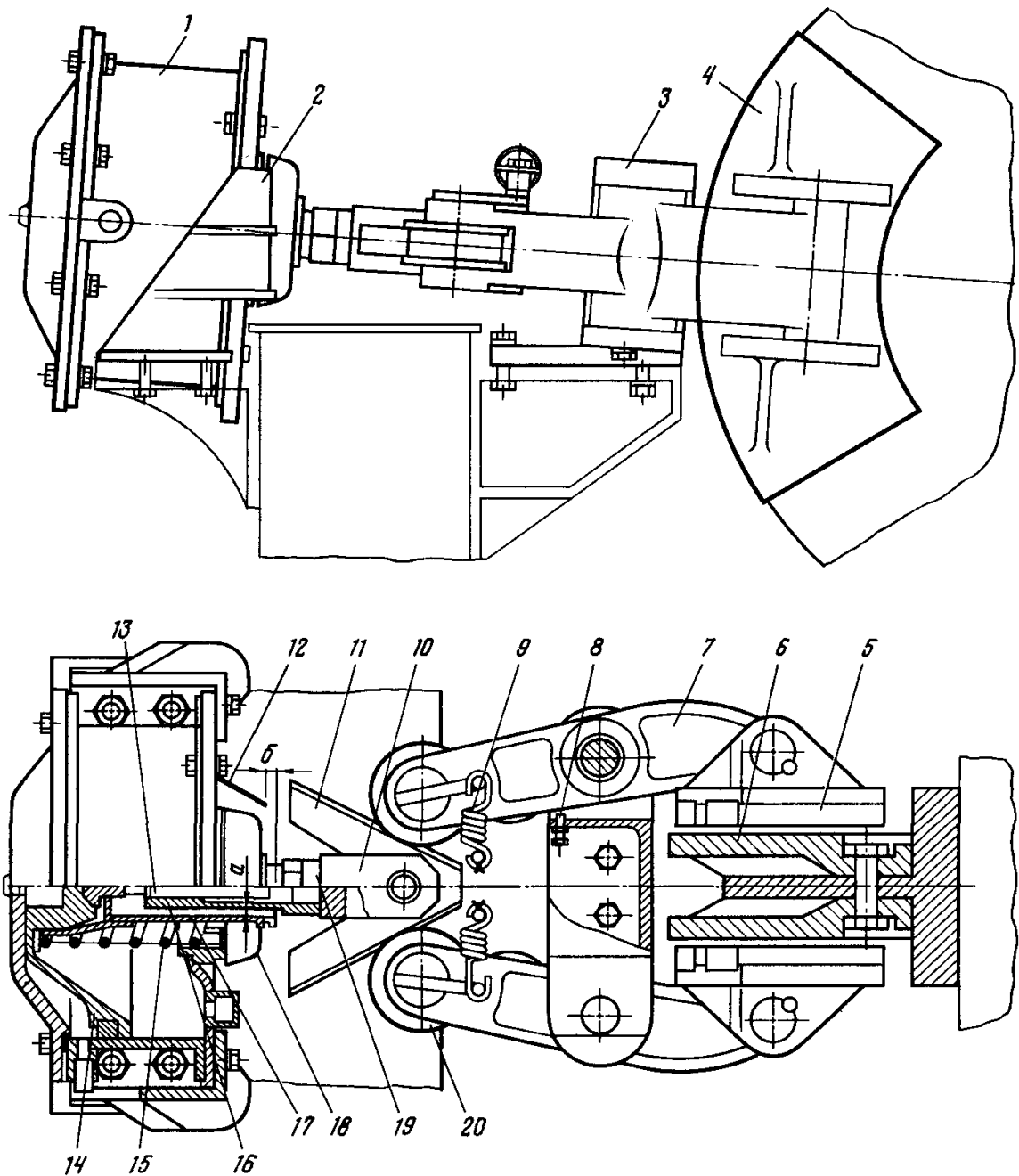


Рисунок 4.1 – Дискове гальмо дизель-поїзда ДР-1А

1 – гальмівний циліндр; 2, 3 – кронштейни; 4 – збірний башмак; 5 – гальмівна колодка; 6 – гальмівний диск; 7 – важіль; 8 – регулювальний болт; 9 – пружинна затяжка; 10 – головки стержня; 11 – клин; 12 – індикатор виходу стержня; 13 – стержень, 14 – поршень, 15, 19 – пружини; 16 – втулка; 17 – горловина поршня; 18 – комір, 20 – ролик

						Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		39

Гальмівний диск розсіює теплову енергію, що виділяється при гальмуванні.

Таким чином, основною відмінністю дискового гальма дизель-поїзда ДР-1 від дизель-поїзда ДПКр-3 є встановлення гальмівних дисків не на колесах, а на осях колісних пар. Інші відмінності між гальмівними системами даних дизель-поїздів зведені до табл. А.1 додатку А.

На основі проведеного дослідження можна стверджувати наступне.

Дизель-поїзд ДПКр-3 обладнаний сучасною ефективною гальмівною системою, яка має ряд беззаперечних переваг від найближчого аналога – дизель-поїзда ДР1-А. Основними перевагами гальмівної системи дизель-поїзда ДПКр-3 є наступні:

- наявність гідродинамічного гальма;
- наявність систем протиковзання та протискочування;
- можливість безступеневого регулювання гальмівного зусилля у залежності від кількості пасажирів;
- можливість блокування сигналу екстреного гальмування при його задіянні у тунелях та на мостах, де зупинка поїзда може призвести до трагічних наслідків;
- кран машиніста, який відповідає сучасним ергономічним вимогам;
- сучасна система діагностики гальмівного обладнання з виводом інформації на дисплей машиніста.

Гальмівна система характеризується високим значенням розрахункового гальмівного коефіцієнту, яке відповідає вимогам Інструкції [19] та низьким значенням гальмівного шляху, тобто є ефективною і забезпечує вимоги щодо безпеки руху.

						Арк.
						40
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У теперішній час на залізниці України надходить новий рухомий склад, конструкція окремих вузлів якого значно відрізняється від аналогів, які знаходяться у експлуатації. На залізничному транспорті експлуатуються тепловози ТЕ33А виробництва США, міжрегіональні електропоїзди «Hyundai Rotem», Škoda, ЕКр1, дизель-поїзди ДПКр-2, ДПКр-3, рейкові автобуси серії 620М та 630М. Для усіх цих серій рухомого складу у нормативно-технічній документації відсутнє значення розрахункового натиснення гальмівних колодок на вісь, що не дозволяє розрахувати гальмівний шлях. Крім того, дане значення вноситься до довідки про забезпечення поїзда гальмами та справну їх дію форми ВУ-45.

Аналіз параметрів гальмівної системи дизель-поїзда ДПКр-3 показав, що вона значно переважає свій найближчий аналог – гальмівну систему дизель-поїзда ДР1А як за ефективністю так і за надійністю. Основними перевагами є широке застосування сучасних засобів діагностики, можливість плавного регулювання гальмівного зусилля, наявність гідродинамічних гальм.

У кваліфікаційній роботі на основі результатів динамічних випробувань, що проведені у проектно-конструкторському бюро ДНУЗТ встановлено значення розрахункової сили натиснення гальмівних колодок на вісь, яке складає 11,8 тс а також значення розрахункового гальмівного коефіцієнту, яке становить 0,683, що відповідає вимогам нормативних документів щодо забезпечення поїзда гальмами.

Як напрямок подальших досліджень слід відзначити уточнення розарухкових формул для визначення опору руху та значення сповільнення поїзда під дією одиничної сповільнюючої сили.

						Арк.
						41
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Довганюк, С. С. Дослідження спільної роботи гальм рухомого складу залізниць Польщі в поїздах Укрзалізниці : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / С. С. Довганюк ; Дніпропетр. держ. техн. ун-т залізн. трансп. — Дніпропетровськ, 1998. — 25 с. Захист — 19 лютого 1999 р.
2. Терещак, Ю. В. Вимоги з допуску рухомого складу до експлуатації у міжнародному сполученні / Ю. В. Терещак // Залізничний транспорт України. — 2011. — № 6. — С. 39—41.
3. Бабаев, А. М. Тормозные системы грузовых вагонов типа «Восток–Запад» // Бюллетень ОСЖД. – 2018. – № 4. – С. 27–30.
4. Усовершенствование методов эффективности тормозов вагонов / А. Н. Пшинько, С. В. Мямлин, В. И. Приходько [и др.] // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. — Дніпропетровськ, 2005. — Вип. 7. — С. 74—78.
5. Балон, Л. В. Повышение эффективности торможения подвижного состава железнодорожного транспорта : авт. дис. д.т.н. : 05.22.07, 05.22.12 / Л. В. Балон. — Днепропетровск: ДИИТ, 1991. — 49 с. — (Сканировала Юнаковская В. В.). Защищена 01.10.1991.
6. Бабаев, А. М. Влияние размещения тормозных колодок на колесе грузового вагона на эффективность его торможения / А. М. Бабаев, П. Д. Даньш // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. - Д., 2008. - Вип. 22. - С. 7-9. УДК 629.4.014.7(077-592+013.24)
7. Navryliuk, V. I. An overview of the ETCS braking curves / V. I. Navryliuk // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2017. – № 13. – С. 11–19.
8. Мурадян Л. А. О тормозных колодках дорог Украины / Л. А. Мурадян, А. М. Бабаев, С. В. Винокурова // Вагоны и вагонное хозяйство. — 2010. — № 24. — С. 43—44.
9. Reidemeister, O. H. Determination of stopping distance of unpowered rolling stock

						Арк.
						42
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

- by method of sequential braking / О. Н. Reidemeister // Наука та прогрес транспорту. – 2015. – № 6 (60). – Р. 127–133. – doi: 10.15802/stp2015/57097
10. Dovhaniuk S., Shaposhnyk V., Shykunov O., Shatunov A., Visloguzov V.,  
Результати гальмових випробувань дизель-поїзда ДПКР-3.
  11. Корнійчук, М.П. Технологія галузі і технічні засоби залізничного транспорту. Частина 1 (розділи 1-6) / М.П. Корнійчук, Н.В. Липовець, Д.О. Шамрай // Підручник. Друге видання, виправлене. – К.: «Дельта», 2008. – 504 с.
  12. Офіційний сайт КВБЗ. [Електронний документ] Режим доступу: <http://www.kvsz.com/index.php/ru/produksiya/passazhirskoe-vagonostroenie/motorvagonnyj-podvizhnoj-sostav/item/2423-passazhirskij-dizel-poezd-dpkr-3>
  13. Протокол випробувань від 09 грудня 2019 року. № ДПТ-91.405-177-19/ВЦ. Приймальні випробування. Ходові гальмівні випробування. Дизель-поїзд пасажирський ДПКр-3 для регіональних пасажирських перевезень // Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ). Випробувальний центр (ВЦ ДНУЗТ). Дніпро, 2019. 20 с.
  14. Протокол випробувань від 07 лютого 2019 року. № ДПТ-91.405-176-19/ВЦ. Приймальні випробування. Стаціонарні гальмівні випробування. Дизель-поїзд пасажирський ДПКр-3 для регіональних пасажирських перевезень // Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ). Випробувальний центр (ВЦ ДНУЗТ). Дніпро, 2019. 39 с.
  15. Правила тягових расчетов для поезда работы. – М.: Транспорт, 1985. – 287 с.
  16. Гребенюк, П.Т., Тяговые расчеты: Справочник / П.Т. Гребенюк, А.Н. Долганов, А.И. Скворцова // Под. ред. П.Т. Гребенюка. – М.: Транспорт, 1987. – 272 с.
  17. Нормы расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520

						Арк.
						43
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

мм (несамоходных). ГосНИИВ – ВНИИЖТ, Москва, 1996 г.

18. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). ВНИИВ – ВНИИЖТ, Москва, 1991 г.
19. Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України. № ЦТ-ЦВ-ЦЛ 0015. Київ, 2002, 145с.
20. Інструкція з технічного обслуговування, ремонту та випробування гальмового устаткування локомотивів і моторвагонного рухомого складу. № ЦТ–0058. Київ, 2002, 223с.
21. Нормативи по гальмам. № ЦВ–0011. Київ, 1998, 18с.
22. Болжеларський, Я. В. Визначення питомого опору руху спеціального самохідного рухомого складу експериментальним методом / Я. В. Болжеларський, С. С. Довганюк, О. С. Набоченко // Зб. наук. пр. Укр. держ. ун-ту залізн. трансп. – Харків, 2014. – Вип. 148, ч. 1. – С. 156–163.
23. Експериментальне визначення сповільнення спеціального самохідного рухомого складу від дії питомої одиничної сповільнюючої сили / Я. В. Болжеларський, С. С. Довганюк, О. М. Баль, В. С. Джус // Залізничний транспорт України. – 2015. – № 2. – С. 45–50.
24. Михайленко, А.А. Дизель-поезда типа ДР. М.: Транспорт, 1990. – 336 с.
25. Лернер, Б.М. Дизель-поезда. Устройство, ремонт, эксплуатация: Учебник для ПТУ / Б.М. Лернер, Н.П. Ковалев, В.П. Лебедев, А.А. Курятников. – М.: Транспорт, 1982. 279 с.

						Арк.
						44
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		



Найменування компоненти (параметра)	Наявність (значення) для дизель-поїзда	
	ДПКр-3	ДР1-А
положення, ступеневе пневматичне гальмування і екстрене пневматичне гальмування.		
Забезпечення пневматичного гальмування краном машиніста у випадку відмови блоку електроніки	так	так
Наявність у поїзді і функціонування приладу автостопного гальмування, який забезпечує екстрене гальмування за умов спрацьовування приладів і систем безпеки	так	так
Наявність у поїзді і функціонування відповідно до експлуатаційної документації приладу, який блокує прилади управління в неробочій кабіні управління, окрім систем екстреного гальмування	так	ні
Наявність у поїзді і функціонування відповідно до експлуатаційної документації контрольно-вимірювальних прилади для перевірки стану гальм і системи автоматичної діагностики гальм	так	ні
Наявність на усіх вагонах рукоятки увімкнення/вимкнення пневматичних гальм.	так	ні
Наявність на кожному вагоні і функціонування рукоятки відпуску пневматичних гальм.	так	ні
Наявність на кожному вагоні і функціонування індикатора стану дискових гальм.	так	ні
Наявність на кожному вагоні і функціонування індикатора стану стоянкових гальм.	так	ні
Наявність на кожному вагоні і функціонування сигналізації відпуску гальм на панелі приладів	так	так

Найменування компоненти (параметра)	Наявність (значення) для дизель-поїзда	
	ДПКр-3	ДР1-А
кожної кабіни головних вагонів.		
Можливість автоматичного заміщення електропневматичним гальмом з відповідним тиском у гальмівних циліндрах під час відмови динамічних гальм, або за умови зниження його ефективності	так	ні
Можливість екстреного пневматичного гальмування (заміщення), з безпосередньою розрядкою гальмівної магістралі у разі відмови електропневматичних гальм (під час руху)	так	так
Наявність на кожному колесі окремо встановлених колісних гальмових дисків, вентильованої конструкції, жорстко закріплених на колесах з чавунною поверхнею тертя.	так	так (на осях колісних пар)
Наявність і функціонування відповідно до інструкції з експлуатації візків гальмових блоків (кліщових механізмів) з вбудованими гальмовими циліндрами діафрагмового типу, і автоматичними регуляторами зазорів між дисками і гальмовими накладками	так	так
Зручний доступ до гальмівних накладок при їх заміні	так	так
Можливість вмикати та вимикати стоянкові гальма централізовано з кабіни машиніста, а також відпускати кожне гальмо окремо вручну	так	ні
Наявність роз'єднувальних кранів на ділянках трубопроводів до гальмових циліндрів і клапанів скидання тиску протиюзних пристроїв.	так	ні
Можливість автоматичного відключення	так	ні

Найменування компоненти (параметра)	Наявність (значення) для дизель-поїзда	
	ДПКр-3	ДР1-А
протиюзного захисту колісної пари при відмові її ланцюгів керування		
Наявність і функціонування системи контролю стану гальм кожного вагона, в тому числі, зовнішньою сигналізацією, розташованою на бічних стінках кузовів, про загальмованість та відпуск.	так	ні
Наявність і функціонування контролю величини тиску в гальмових циліндрах кліщових механізмів, з передачею даних на пульт управління в головних вагонах.	так	ні
Наявність і функціонування сигналізаторів стану стоянкових гальм, розташованих на пульті управління в головних вагонах.	так	ні
Наявність пневматичної гальмової магістралі.	так	так
Наявність пневматичної живильної магістралі.	так	так
Наявність з'єднувальних рукавів Р17Б на головних вагонах.	так	так
Наявність кранів кінцевих 4304М або 4314 (аналог) на кінцях пневматичних магістралей проміжного та головних вагонів.	так	так
Наявність і функціонування пристроїв екстреного гальмування в пасажирських салонах (стоп-крани), які діють на гальмування (не менше двох на салон) з табличками правил користування та можливістю пломбування.	так	так
Наявність і функціонування блокування екстреного	так	ні

Найменування компоненти (параметра)	Наявність (значення) для дизель-поїзда	
	ДПКр-3	ДР1-А
гальмування при спрацьовуванні пристрою екстреного гальмування (стоп-крана) в тунелях і на мостах		
Наявність встановлених на вагонах з компресорними установками головних резервуарів, з'єднаних між собою через вагони поїзда живильною магістраллю.	так	так
Наявність і функціонування кранів для випуску конденсату на всіх головних та інших повітряних резервуарах	так	так
Функціонування гальмової системи дизель-поїзда при управлінні з іншого локомотива у випадку роботи за системою багатьох одиниць, під час проведення маневрових робіт або транспортування окремим локомотивом	так	так
Можливість відключення дискових гальм будь-якого візка вручну.	так	ні
Забезпечення функціонування гальмової системи і пневмосистем усього поїзда при відмові одного з компресорів	так	так
Обладнання компресорних установок системами очищення та осушення стисненого повітря і ємкостями для збору конденсату, а також автоматизованими пристроями для його видалення	так	так
Сигналізація стану гальм в цілому і окремо хвостового вагона на пульті управління шляхом виведення інформації на терміналі машиніста	так	ні

Найменування компоненти (параметра)	Наявність (значення) для дизель-поїзда	
	ДПКр-3	ДР1-А
Наявність манометрів прямої дії на пульті управління: гальмівної магістралі, живильної магістралі, гальмівних циліндрів і зрівнювального резервуара головного вагона	так	так
Наявність візуальної сигналізації параметрів роботи гальм усіх вагонів поїзда: а) відпуск пневматичних гальм всіх вагонів та окремого вагона на хвості поїзда; б) приведення в дію стоянкового гальма в кожному вагоні; в) приведення в дію стоп-кранів у кожному вагоні; г) включення компресорних установок.	так	ні
Наявність оперативного показу на відповідному дисплеї у кабіні управління величин тисків у гальмівних циліндрах кожної осі вагонів при перевірках і випробуванні дії пневматичних гальм.	так	ні
Результати випробування гальм виводяться на пристрій відображення інформації в кабіні управління	так	ні
Розрахункове натиснення гальмівних колодок на вісь колісної пари, тс	8,88	11,53
Кількість гальмівних осей	12	24
Вага дизель-поїзда, тс	204	352
Розрахунковий гальмівний коефіцієнт поїзда	0,673	0,786
Гальмівний шлях при швидкості 120 км/год	612	850