

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту



МЯМЛІН СЕРГІЙ СЕРГІЙОВИЧ

УДК 629.4.022.6

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ РУХОМОГО СКЛАДУ
ВУЗЬКОЇ КОЛІЇ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі інженерії вагонів та якості продукції Українського державного університету залізничного транспорту Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник – кандидат технічних наук, доцент
Ловська Альона Олександрівна,
Український державний університет
залізничного транспорту,
кафедра інженерії вагонів та якості продукції,
доцент кафедри.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Бейгул Олег Олексійович,
Дніпровський державний технічний університет,
кафедра машинобудування, завідувач кафедри;

кандидат технічних наук
Кара Сергій Віталійович,
Філія «Науково-дослідний та конструкторсько-
технологічний інститут залізничного транспорту»
АТ «Укрзалізниця», управління інжинірингу
Науково-впроваджувального центру,
начальник управління.

Захист відбудеться «05» травня 2021 р. о 11.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 в Українському державному університеті залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Українського державного університету залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий «04» квітня 2021 р.

В. о. ученого секретаря
спеціалізованої вченої ради



О. М. Огар

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Розвиток інфраструктури залізничного транспорту в основному пов'язують з магістральними залізницями, коліями яких здійснюється основна діяльність з перевезення вантажів і пасажирів залізничним транспортом, але значний сегмент перевезень, особливо в період глобальної інтеграції та при розвитку гірських регіонів, пов'язаний з удосконаленням діяльності вузькоколіїних залізниць.

Залізниця вузької колії являють собою частину загальної транспортної системи України та у перспективі можуть стати невід'ємною складовою Європейської залізничної інфраструктури, що дозволить суттєво підвищити ефективність діяльності окремих ділянок вузької колії у єдиній мережі вузькоколіїних залізниць Східної і Центральної Європи. Це можливо здійснити як за рахунок поєднання окремих залізниць до єдиної транспортної системи, так і завдяки створенню сучасного рухомого складу для здійснення вантажних та пасажирських перевезень з урахуванням чинних вимог та перспективних умов експлуатації, прийнявши до уваги загальні критерії інтегрованості до рухомого складу.

Загальна кількість колій 750 мм на території України складає близько 700 км, а з урахуванням відновлення експлуатації на малодіяльних ділянках та будівництва з'єднувальних ділянок між вузькоколіїними залізницями нашої держави та європейських країн, протяжність вузькоколіїних залізниць може сягати 3000 км. Наразі опрацьовується багато варіантів розвитку вузькоколіїного транспорту, які передбачають технічне та технологічне переоснащення даного сегменту ринку транспортних послуг із залученням дієвих фінансових механізмів. Додатковими факторами, які суттєво сприяють розвитку даного напрямку, є розбудова інфраструктури гірських та прикордонних територій, а також зростання обсягів туристичних послуг. Все це потребує удосконалення та створення нового рухомого складу з урахуванням сучасних вимог. Тому тема дисертаційної роботи, яка пов'язана з удосконаленням конструкцій та покращенням техніко-економічних показників рухомого складу залізниць вузької колії, являється актуальною науково-прикладною задачею не тільки для залізничного транспорту України, а й для залізниць Євросоюзу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до пріоритетних напрямків розвитку залізничної галузі, що визначені в Транспортній стратегії України до 2020 року (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20.10.2010 №2174-р) та Національній транспортній стратегії України на період до 2030 року, схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 № 430, а також пов'язана з науково-дослідними роботами, що виконуються Українською державною академією залізничного транспорту та Дніпровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: «Розробка інноваційних вантажних вагонів для гірських залізниць з урахуванням новітніх матеріалів та застосування сучасних технологій зварювання»

(ДР №0116U003751), «Розвиток туристичних перевезень залізничним транспортом в Україні» (ДР №0115U002424), «Інноваційні засади створення ресурсозберігаючих конструктивів вагонів шляхом урахування уточнених динамічних навантажень та функціонально-адаптивних флеш-концептів» (ДР №0120U102037), «Розробка інтелектуальних технологій ефективного енергозабезпечення транспортних систем» (ДР №0116U006982), у яких автор є виконавцем та автором звітів.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є удосконалення конструкції рухомого складу для перевезення вантажів і пасажирів залізницями вузької колії.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати стан та перспективи розвитку вузькоколіїних залізниць і рухомого складу для них;
- розробити технічні рішення з реалізації сучасних конструкцій вантажних та пасажирських вагонів вузької колії;
- розробити математичну модель просторових коливань пасажирського вагону з урахуванням особливостей перевезень на туристичних маршрутах;
- розробити математичну модель просторових коливань вантажного вагону з урахуванням особливостей перевезень на залізницях вузької колії;
- підготувати вихідні дані для проведення теоретичних досліджень динаміки пасажирських вагонів вузької колії;
- виконати теоретичні дослідження динамічної навантаженості пасажирських вагонів вузької колії з визначенням раціональних параметрів ресорного підвішування;
- виконати техніко-економічне обґрунтування запропонованих конструктивних рішень пасажирських та вантажних вагонів вузької колії.

Об'єкт дослідження – процес удосконалення конструкцій рухомого складу вузької колії.

Предмет дослідження – конструкції рухомого складу вузької колії для перевезення вантажів і пасажирів.

Методи дослідження. При здійсненні аналізу стану справ з технічними засобами рухомого складу вузькоколіїних залізниць застосовувалися методи експертних оцінок і методи аналізу та синтезу. При розробці математичних моделей просторових коливань використовувались методи математичного моделювання із застосуванням диференційних рівнянь Лагранжа другого роду. Методи оптимізації використовувалися при визначенні раціональних параметрів різних ступенів підвішування візків вагонів. При формуванні вихідних даних з характеристиками нерівностей рейкової колії та при обробці результатів досліджень застосовувалося поняття теорії ймовірностей та математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів.

В роботі автором отримані особисто наступні основні наукові результати:

- вперше отримано раціональні параметри ресорного підвішування пасажирського вагону вузької колії для використання на гірських ділянках залізниць, що дозволяє підвищити швидкість руху при безумовному

забезпеченні показників динаміки та безпеки руху;

- удосконалено математичну модель просторових коливань чотиривісного вантажного вагону в частині врахування конструктивних особливостей рейкових екіпажів вузької колії та застосування пружного зв'язку між колісними парами та боковими рамами, що, на відміну від існуючих моделей, дозволяє здійснювати комплексну оцінку показників руху вагону в залежності від параметрів міжелементних зв'язків;

- удосконалено математичну модель динамічної навантаженості вузькоколісного чотиривісного пасажирського вагону, який рухається інерційною пружно-в'язкою колією, що, на відміну від існуючих моделей, враховує не тільки параметри верхньої будови колії, а й дозволяє досліджувати динамічні якості вагону в перехідних ділянках плану та профілю колії;

- удосконалено аналітичні залежності показників динаміки пасажирських вагонів вузької колії від швидкості руху та конструктивного виконання елементів ресорного підвішування візків з урахуванням особливостей експлуатації туристичних маршрутів на гірських ділянках залізниць, що позначається у вигляді розподілу сил не тільки у зчпному пристрої, а й у пружному переході між вагонами поїзду;

- знайшли подальшого розвитку науково-технічні рішення з реалізації сучасного рухомого складу, що враховують чинні вимоги нормативної документації та перспективні умови експлуатації на залізничному транспорті.

Практичне значення одержаних результатів. Запропоновані в роботі математичні моделі просторових коливань пасажирських та вантажних вагонів вузької колії застосовуються в наукових дослідженнях кафедри інженерії вагонів та якості продукції УкрДУЗТ, а також в наукових дослідженнях та при виконанні конструкторських розробок в проектно-конструкторському технологічному бюро ДНУЗТ.

Розроблені за участю автора конструктивні рішення вантажних вагонів вузької колії прийняті до впровадження Головним спеціалізованим конструкторським бюро з вагонобудування імені В. М. Бубнова АТ «Азовмаш».

Технічні рішення з удосконалення конструкції вантажних та пасажирських вагонів впроваджено при розробці сучасного рухомого складу вузької колії на підприємствах ТОВ «УкрТрансАкад» та НВП «ТрансВагонСервіс».

Основні результати виконання дисертаційного дослідження впроваджено також в навчальний процес при підготовці бакалаврів та магістрів за спеціальністю «Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту» при викладанні дисциплін «Конструкція вагонів», «Динаміка вагонів», «Методологія інженерної діяльності» кафедри інженерії вагонів та якості продукції УкрДУЗТ. Всі результати підтверджуються відповідними актами впровадження, що наведені в додатках до дисертаційної роботи.

Особистий внесок здобувача. Всі наукові положення, розробки та результати наукових досліджень, що виносяться на захист, отримані автором самостійно. Мету та постановку завдання, обговорення та аналіз результатів досліджень здійснено разом із науковим керівником.

Роботи [1, 3, 9, 12-15, 22, 25, 26, 38] опубліковані одноосібно. У роботах, які опубліковані у співавторстві, здобувачеві належить наступне: в роботах [2, 4, 7, 28, 31] – розроблено технічні рішення з удосконалення систем життєзабезпечення рухомого складу, в роботах [5, 8, 10, 18, 24, 27, 29, 30, 32, 34, 35, 37, 39] – удосконалено конструкції рухомого складу та його елементів і обґрунтовано доцільність застосування інновацій у вагонобудуванні, [40-50] – виконано патентні дослідження та розроблено пропозиції до реалізації технічних рішень щодо конструкції різних типів вагонів, їх візків та окремих систем. У працях [6, 20, 23, 33, 36] – виконано аналіз перспектив розвитку вузькоколіїних залізниць у рівнинних та гірських районах із пропозиціями з розробки перспективних конструкцій вузькоколіїного рухомого складу, в роботі [21] – запропоновано особливості технічного діагностування пасажирських вагонів вузької колії, в працях [11, 16, 17, 19] – виконано дослідження технологій виготовлення та ремонту рухомого складу різних конструкцій.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на 6-й Міжнародній науковій конференції «Transbaltica 2009» (Литва, Вільнюс, Вільнюський технічний університет імені Гедимінеса, 2009), Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні методики, інновації та досвід практичного застосування у сфері технічних наук» (м. Радом, Республіка Польща, 2017), XIV Міжнародній науковій конференції «Проблеми механіки залізничного транспорту: Безпека руху, динаміка, міцність рухомого складу та енергозбереження» (Дніпро, ДНУЗТ, 2016), 70-й, 71-й, 74-й, 75-й, 76-й, 77-й міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпро, ДНУЗТ, 2010, 2011, 2014, 2015, 2016, 2017 рр.); IX міжнародній науково-технічній конференції «Рухомий склад XXI сторіччя: інновації у вантажному вагонобудуванні» (Санкт-Петербург, ПГУПС, 2014), VII міжнародній науково-технічній конференції «Рухомий склад XXI сторіччя: ідеї, вимоги, проекти» (Санкт-Петербург, ПГУПС, 2011), VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Зварювання та споріднені технології» (смт Ворзель, 2015), IV Всеукраїнській науково-практичній конференції «Перспективи розвитку транспортного комплексу (Проблеми управління, економіки, екології та права щодо розвитку транспортного комплексу України)» (Дніпропетровськ, ІПРЕД НАН України, 2015), V міжнародному форумі студентів та молодих вчених «Розширюючи обрії» (Дніпропетровськ, Національний гірничий університет, 2010).

У повному обсязі дисертація доповідалась та була схвалена на міжкафедральному науковому семінарі в Українському державному університеті залізничного транспорту.

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковані в 50 наукових працях, з яких основних праць 7 – наукові статті у фахових виданнях та у виданнях і в журналах, що входять до наукометричних баз даних (Google Scholar, Index Copernicus, CrossRef), в тому числі 1 стаття у Scopus, а також 43 додаткових праці, з яких 6 статей у наукових журналах та 10 патентів

України на корисну модель, 1 патент Республіки Казахстан, а також 25 публікацій апробаційного характеру і тез доповідей у матеріалах міжнародних наукових конференцій та 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір наукового характеру. Всього автором отримано 12 охоронних документів на об'єкти інтелектуальної власності.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг роботи складає 306 сторінок, з яких основного тексту – 183 сторінки, у основному тексті роботи міститься: 124 рисунки та 17 таблиць на 17 сторінках, список літератури з 305 джерел і 7 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи; розкрито її зв'язок з науковими темами та програмами, сформульовано мету та основні завдання дисертаційного дослідження; визначено об'єкт, предмет та методи дослідження; визначено наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень, а також інші основні характеристики дисертаційної роботи.

У першому розділі наведено огляд наукових публікацій та технічних рішень за темою дисертаційного дослідження, а саме розглянуто технічний стан рухомого складу вузької колії вітчизняних залізниць та перспективи розвитку інфраструктури вузькоколіїних залізниць як на окремих маршрутах, так і у сукупності із створенням у перспективі єдиної мережі залізниць вузької колії Центральної та Східної Європи. Отримано однозначний висновок стосовно необхідності та актуальності удосконалення конструкції рухомого складу вузької колії, що має суттєво позначитися не тільки на рівні комфорту та безпеки руху залізничних перевезень вузькоколіїними залізницями, а й значно вплинути на економічний розвиток гірських та прикордонних районів України та машинобудівної і залізничної галузі.

Наведено результати технічного діагностування та моніторингу технічного стану конструкцій рухомого складу різного призначення, який застосовуються на вузькоколіїних залізницях. Отримано загальний висновок за результатами технічного аудиту рухомого складу вузької колії, який свідчить, що рухомий склад потребує суттєвого оновлення та реінжинірингу.

Аналіз наукових публікацій за напрямком удосконалення конструкцій рухомого складу різної ширини колії, в тому числі вузької, свідчить про недостатню увагу з боку конструкторів та дослідників тематиці створення нових конструкцій та поліпшення якостей існуючих конструкцій вантажних та пасажирських вагонів для використання на вузькоколіїних залізницях, хоча розвитку машинобудівних технологій та удосконаленню конструкцій рухомого складу широкої та європейської колії автори приділяють багато уваги. До відомих наукових шкіл, які займаються теоретичними та експериментальними дослідженнями залізничного рухомого складу слід віднести наступні наукові колективи: Український державний університет залізничного транспорту (УкрДУЗТ), Державний університет інфраструктури та технологій (ДУІТ),

Дніпровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ), Філія «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» АТ «Укрзалізниця» (НДКТІ), Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, Інститут технічної механіки НАН України, ДП «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», Білоруський державний університет транспорту (БілДУТ), Варшавська політехніка, Краківська політехніка, Сілезька політехніка, Чеський технічний університет, Казахська академія транспорту і комунікацій, Вільнюський технічний університет ім. Гедимінеса, Петербурзький державний університет шляхів сполучення, Всеросійський науково-дослідний інститут залізничного транспорту та ін.

Наведено результати попередніх досліджень з можливості підвищення ефективності використання різних видів рухомого складу для забезпечення перевезень вузькоколійними залізницями.

У другому розділі представлено опис математичних моделей просторових коливань рухомого складу вузької колії. Розроблено математичні моделі для двох основних типів вагонів: чотиривісних вантажного та пасажирського. На їх основі виконано у подальшому теоретичні дослідження динамічної навантаженості рухомого складу.

Розрахункову схему чотиривісного пасажирського вагону представлено на рис. 1, де 1 – кузов, 2 – надресорна балка, 3 – рама візка, 4 – колісна пара.

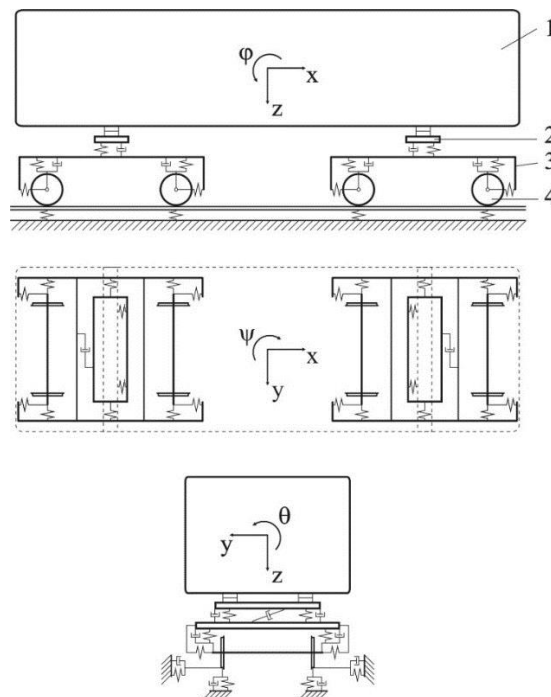


Рис. 1. Розрахункова схема пасажирського вагону

Положення твердого тіла щодо природної системи координат описується величинами x , y , z , ψ , φ , θ . Поступальні переміщення x , y , z і кути повороту ψ , φ , θ описують відповідно сіпання, бічні віднесення, підстрибування і виляння, галопування, бічну качку твердого тіла.

Вагон розглядається як система твердих тіл, з'єднаних жорсткими,

пружними і дисипативними елементами. Розрахункову схему вагона, що рухається пружно-інерційною колією, представлено механічною системою дев'яти твердих тіл - кузов, дві надресорні балки, дві рами візків і чотири колісні пари. Колія розглядається інерційною пружно-в'язкою. Вона моделюється наведеною до кожного колеса масою (вісім наведених мас), що має вертикальне і поперечне горизонтальне переміщення і спирається в цих напрямках на пружини і демпфери в'язкого тертя, що моделюють пружно-дисипативні властивості рейок і підрейкової основи.

З використанням диференціальних рівнянь Лагранжу 2-го роду та отриманих виразів кінетичної і потенційної енергій, функцій розсіювання та узагальнених сил отримано систему нелінійних диференціальних рівнянь 100-го порядку, які описують вимушені коливання пасажирського вагону, що рухається інерційною пружно-в'язкою залізничною колією.

Отриману систему рівнянь призначено для дослідження просторових коливань під час руху одиночного пасажирського вагону. Більш точну оцінку динамічних характеристик екіпажу можливо отримати у випадку досліджень просторових коливань пасажирського вагону, який рухається у складі поїзда.

Для цього в математичній моделі, яка описує рух вагона, необхідно врахувати наявність автозчепного пристрою (або зчепки) та пружного майданчику між вагонами.

В цьому випадку в узагальнені сили Q_i^* , крім сил, які виникають в результаті взаємодії коліс з рейками Q_i , необхідно додати сили S_i , що діють в міжвагонних з'єднаннях поїзда, який рухається рейковою колією.

Взаємні зміщення сусідніх вагонів у повздовжньому, поперечному та вертикальному напрямках визначаються наступним чином

$$\begin{aligned}\Delta_{xk,k+1} &= x_{c(k)} - x_{c(k+1)}, \\ \Delta_{yk,k+1} &= y_{c(k)} - l_a \psi_{c(k)} - y_{c(k+1)} - l_a \psi_{c(k+1)}, \\ \Delta_{zk,k+1} &= z_{c(k)} + l_a \varphi_{c(k)} - z_{c(k+1)} + l_a \varphi_{c(k+1)},\end{aligned}\tag{1}$$

де $2l_a$ – довжина вагона по осям автозчепів.

Повздовжні сили, що діють між сусідніми вагонами, залежать від взаємного зміщення кінців відповідних автозчепів, які визначаються за виразами (1) і їх відносними швидкостями.

Математично залежність зусилля S в з'єднанні між вагонами, обладнаними безззорними зчіпними пристроями з поглинаючими апаратами типу Р-2П або Р-4П, від деформації з'єднання q і швидкості цієї деформації \dot{q} має вигляд

$$S(q, \dot{q}) = \begin{cases} \text{при } |q| < \Delta \text{ и } q\dot{q} \geq 0: \\ k_n q, \text{ якщо } |k_n q| \leq |k_k (q - q_p) + k_p q_p|; \\ k_k (q - q_p) + k_p q_p + \beta \dot{q}, \\ \text{якщо } |k_n q| > |k_k (q - q_p) + k_p q_p|; \\ \text{при } |q| < \Delta \text{ и } q\dot{q} < 0: \\ k_p q, \text{ якщо } |k_p q| > |k_k (q - q_n) + k_n q_n|; \\ k_k (q - q_n) + k_n q_n + \beta \dot{q}, \\ \text{якщо } |k_p q| \leq |k_k (q - q_n) + k_n q_n|; \\ \text{при } \frac{(k_k - k_n)\Delta}{k_k - k_p} \leq q \leq \Delta \text{ и } |q| > \Delta: \\ k_k (q - \Delta) + k_n \Delta + \beta \dot{q}, \end{cases} \quad (2)$$

де q_n, q_p – значення q в момент зміни знаку добутку $q\dot{q}$ з «плюса» на «мінус» (q_n) і навпаки (q_p); k_n – жорсткість з'єднання при навантаженні; k_p – жорсткість з'єднання при розвантаженні; k_k – жорсткість конструкції вагона; β – коефіцієнт в'язкості; Δ – абсолютна деформація з'єднання, при якій поглинаючі апарати вичерпують свій хід.

Узагальнені сили S_i визначені як коефіцієнти при варіаціях узагальнених координат у виразах можливих робіт сил S (2). При побудові просторової моделі руху поїзда необхідно враховувати поперечну складову поздовжніх сил, що діють між вагонами.

Значення поперечних складових сил, що виникають в міжвагонних з'єднаннях, залежать від конфігурації екіпажу і обчислюються за спеціальною методикою. Для цього визначаються координати точки зчеплення k -го (x_{ck}, y_{ck}) і $(k+1)$ -го (x_{ck+1}, y_{ck+1}) вагонів. Орієнтація лінії, що представляє орієнтацію двох автозчепних пристроїв щодо осі x , записується у вигляді

$$\beta_c = \arctg |(y_{ck} - y_{ck+1}) / (x_{ck} - x_{ck+1})|. \quad (3)$$

Кут α_k автозчепу у хвостовій частині k -го вагона та кут автозчепу α_{k+1} у головній частині $(k+1)$ -го вагона визначаються наступним чином

$$\begin{aligned} \alpha_k &= \psi_{ck} - \beta_c; \\ \alpha_{k+1} &= \beta_c - \psi_{ck+1}, \end{aligned} \quad (4)$$

де ψ_{ck}, ψ_{ck+1} – кути, які характеризують миттєву орієнтацію повздовжньої осі k -го і $(k+1)$ -го вагонів щодо повздовжньої осі колії (кути виляння кузовів k -го і $(k+1)$ -го вагонів) відповідно.

Після визначення кутів установки автозчепних пристроїв щодо повздовжньо-поперечної площини можна обчислити поперечні складові сили, що діють в міжвагонному з'єднанні (рис. 2)

$$F_k = -S \operatorname{tg} \alpha_k, \quad (5)$$

$$F_{k+1} = S \operatorname{tg} \alpha_{k+1},$$

де S – повздовжня сила, яка діє у з'єднанні k -го і $(k+1)$ -го вагонів; F_k – поперечна сила, яка діє на задній автотзчеп k -го вагона; F_{k+1} – поперечна сила, яка діє на передній автотзчеп $(k+1)$ -го вагона; S – повздовжня сила, яка діє у з'єднанні k -го і $(k+1)$ -го вагонів; F_k, F_{k+1} – поперечні сили, яка діють на задній і передній автотзчепи k -го і $(k+1)$ -го вагонів відповідно; α_k, α_{k+1} – кути автотзчепів у хвостовій частині k -го вагона та головній частині $(k+1)$ -го вагона.

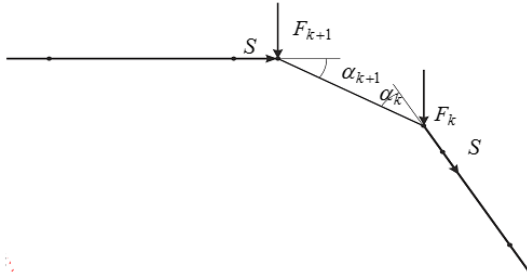


Рис. 2. Схема сил, що діють в міжвагонному з'єднанні

Сили, що виникають в буферному з'єднанні, залежать від взаємного поперечного переміщення сусідніх вагонів, яке визначається з виразів.

Для визначення вертикальних сил, що діють в автотзчепному пристрої, приймається допущення, що зчіпка жорстко прикріплюється до кузова і у неї в вертикальному напрямку є можливість переміщення за рахунок зазору ударного елемента зчіпного пристрою. Крім того, розглядаються тільки ті переміщення, які відбуваються у вертикальній площині. Вертикальна ударна сила F_z у міжвагонному з'єднанні між k -им і $(k+1)$ -им вагонами обчислюється таким чином

$$F_z = k_{zc} [z_{ck} - z_{ck+1} + C(\varphi_{ck} + \varphi_{ck+1}) \pm \Delta_z], \quad (6)$$

де k_{zc} – жорсткість зчепу у вертикальному напрямку; $\varphi_{ck}, \varphi_{ck+1}$ – коливання галоупування k -го і $(k+1)$ -го вагонів; $2C$ – відстань між головками зчепів; Δ_z – вертикальний зазор зчепу.

Далі в роботі розглядається опис математичної моделі просторових коливань вантажного вагону вузької колії. Для нього, як для механічної системи з 11 твердих тіл, отримано систему нелінійних диференціальних рівнянь 116-го порядку. Дана математична модель передбачає також наявність пружних зв'язків між колісними парами та боковими рамами візків.

Розроблені математичні моделі просторових коливань пасажирського та вантажного вагонів покладено в основу програми обчислення показників динаміки та безпеки руху вагонів.

У третьому розділі наведено результати аналізу наявних конструкцій основних типів вантажних та пасажирських вагонів, які використовуються на залізницях вузької колії. Розглянуто такі типи вантажних вагонів, як цистерни, піввагони, вагони-платформи та спеціалізовані вагони.

Автором запропоновано низку сучасних конструкцій вантажних вагонів вузької колії, які дозволяють забезпечити перевезення всіх основних груп

вантажів, що передбачається для транспортування у гірських районах та на прикордонних територіях.



Рис. 3. Загальний вигляд вагона-платформи вузької колії

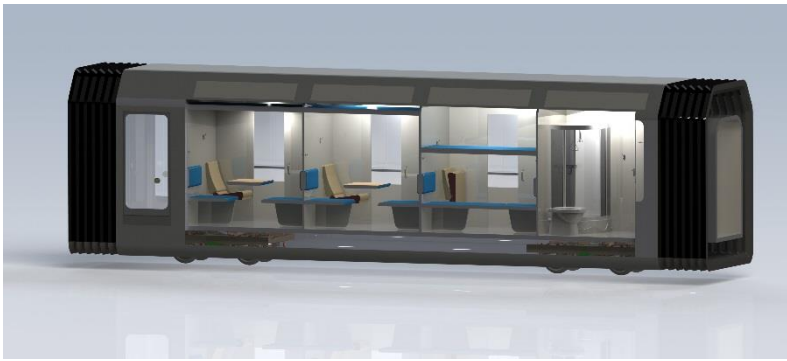


Рис. 4. Загальний вигляд пасажирського купейного вагона вузької колії

спеціально сформованими поїздами підвищеного комфорту. Запропоновано також удосконалену конструкцію візка пасажирського вагона колії 750 мм (рис. 5).

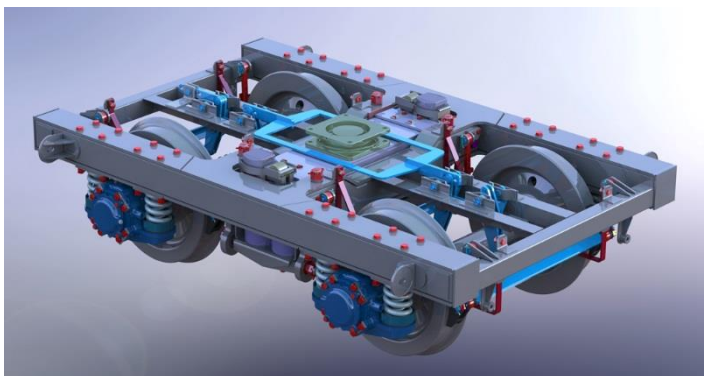


Рис. 5. Візок пасажирського вагона колії 750 мм

Розглядаються основні конструктивні особливості розроблених вагонів на прикладі піввагону та вагону-платформи (рис. 3), які пропонується у чотиривісному виконанні. Наведено основні техніко-економічні показники розроблених конструкцій вагонів.

Автором також запропоновано цілий модельний ряд сучасних конструкцій пасажирських вагонів вузької колії (рис. 4), які пропонується для використання при оновленні пасажирського парку при забезпеченні пасажирських перевезень як у регулярному приміському та міжміському русі, так і для забезпечення туристичних перевезень

Окремим типом розроблених за участю автора вагонів є вагон для перевезення електромобілів, який може бути застосований як у пасажирських, так і вантажних поїздах. При чому особливістю даного вагону є те, що він дозволяє забезпечити автономне живлення та підзарядку електромобілів під час відстою і під час руху, що дає

можливість суттєво збільшити перелік послуг при здійсненні залізничних перевезень, в тому числі і вузькоколійними залізницями.

В роботі запропоновано технічні рішення не тільки за напрямком

створення інноваційних конструкцій пасажирських та вантажних вагонів, а й самохідного рухомого складу та окремих систем і вузлів вузькоколісного рухомого складу, також розроблено універсальні конструктивні рішення для застосування на широкому спектрі рейкових екіпажів. А саме: гальмівна система, буксовий вузол, системи гасіння коливань тощо.

На всі основні технічні рішення з удосконалення конструкції рухомого складу вузької колії та його окремих систем автором отримано патенти та свідоцтва про авторське право. Всього автором отримано 12 охоронних документів за напрямком досліджень, в тому числі 11 патентів, з яких 10 в Україні та 1 патент в Республіці Казахстан.

Конструкції вантажних і пасажирських вагонів та візки до них, прийняті до впровадження не тільки в навчальний процес в УкрДУЗТ, а й у машинобудівних підприємствах та інжинірингових компаніях і конструкторських бюро України, Республіки Казахстан та Китайської Народної Республіки, про що свідчать відповідні акти впровадження.

У четвертому розділі наведено основні результати теоретичних досліджень динамічної навантаженості пасажирського вагону вузької колії.

Для чого на початку автором підготовлено вихідні дані для проведення подальших досліджень. Визначено геометричні, масові та інерційні параметри об'єкту досліджень. Задано нерівності рейкових ниток для збудження коливань механічної системи. Нерівності сформовано за результатами багатьох експериментальних досліджень динаміки рухомого складу на різних ділянках колії, що дозволило згенерувати нерівності з необхідними статистичними характеристиками. Тестові порівняння результатів розрахунків та експерименту свідчать про адекватність математичної моделі та збіжність результатів досліджень на рівні 5-7 %, що достатньо для інженерних досліджень перспективних моделей рухомого складу вузької колії.

Для розрахунку основних показників динаміки та безпеки руху пасажирського вагону в роботі розглянуто різні комбінації параметрів ресорного підвішування.

На рис. 6 – 9 представлено осцилограми вертикальних і горизонтальних нерівностей для лівої та правої рейок.

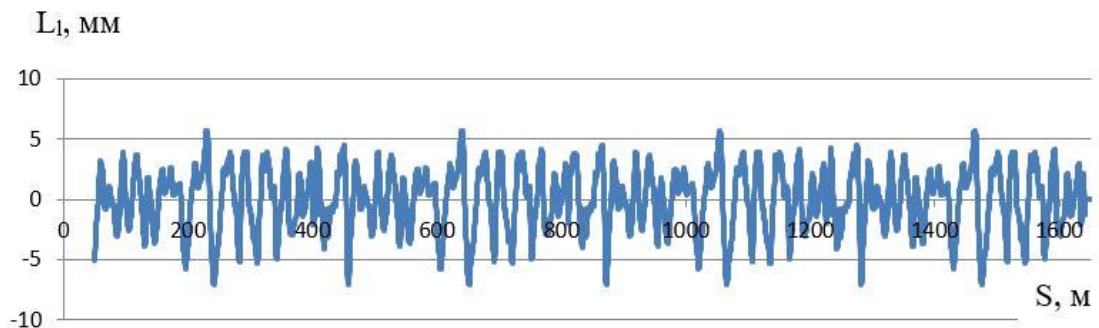


Рис. 6. Осцилограма горизонтальних нерівностей лівої рейки

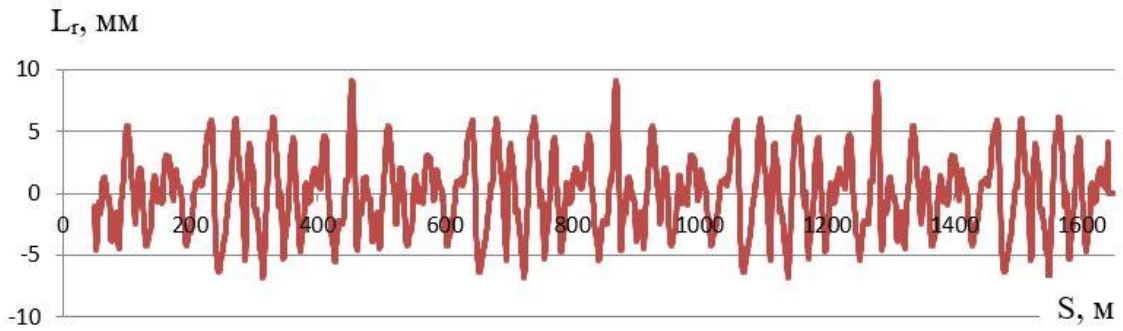


Рис. 7. Осцилограма горизонтальних нерівностей правої рейки

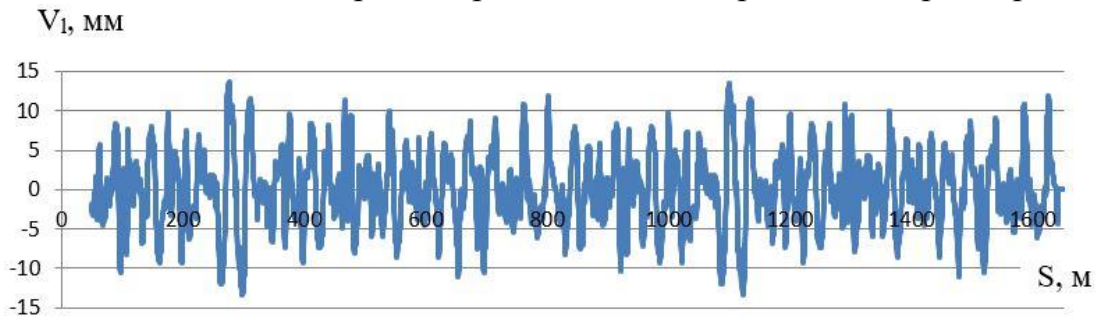


Рис. 8. Осцилограма вертикальних нерівностей лівої рейки

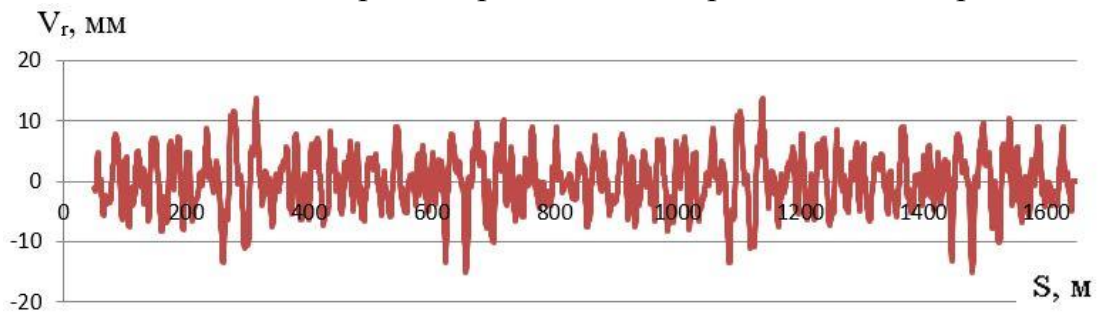


Рис. 9. Осцилограма вертикальних нерівностей правої рейки

Далі в роботі проведено теоретичні дослідження динамічної навантаженості пасажирських вагонів вузької колії з визначення раціональних параметрів всіх ступенів ресорного підвішування.

Для прикладу, деякі результати теоретичних досліджень динамічної навантаженості пасажирського вагону при його русі у кривій радіусом 300 м при варіантах 4-6 комбінацій параметрів різних ступенів підвішування наведено на рис. 10 – 14. Швидкість руху вагону розглядається в діапазоні від 20 до 100 км/год.

Графіки основних динамічних параметрів (поперечні і вертикальні прискорення кузова в зонах обпирання на візки в м/с^2 , рамні сили в т, коефіцієнт вертикальної динаміки і коефіцієнт стійкості від сходу колісної пари з рейок) наведені на рис. 10 – 14. Лінії "отл" і "уд" відповідають відмінному і допустимому значенню показника.

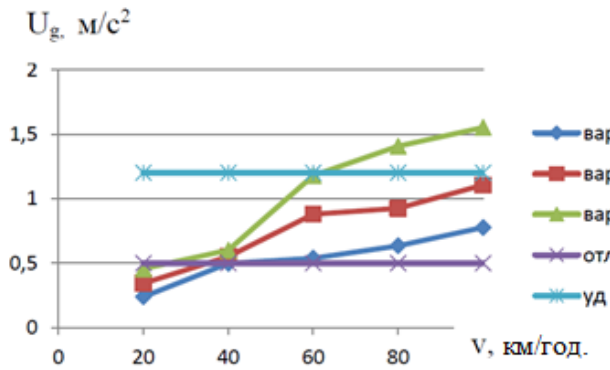


Рис. 10. Горизонтальні прискорення

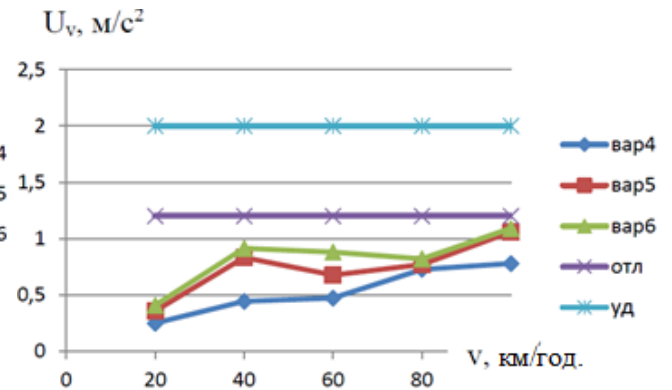


Рис. 11. Вертикальні прискорення

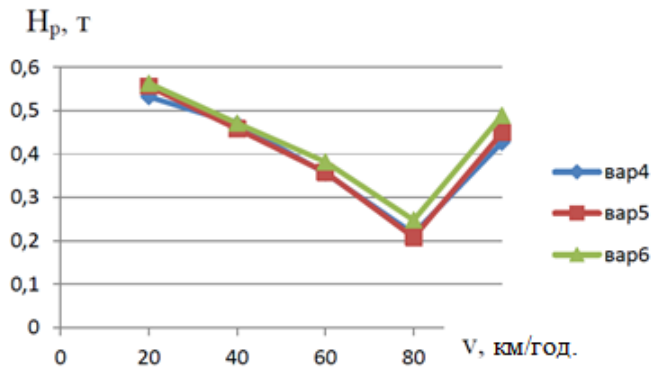


Рис. 12. Рамні сили

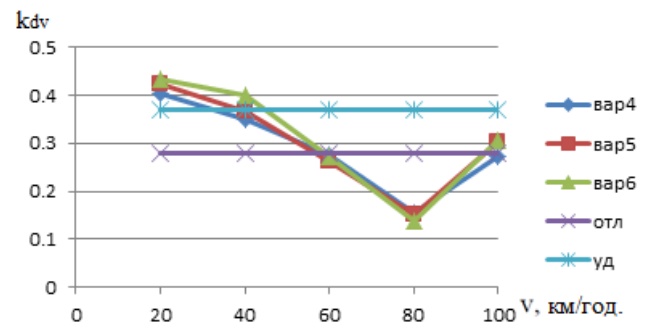


Рис. 13. Коефіцієнти вертикальної динаміки

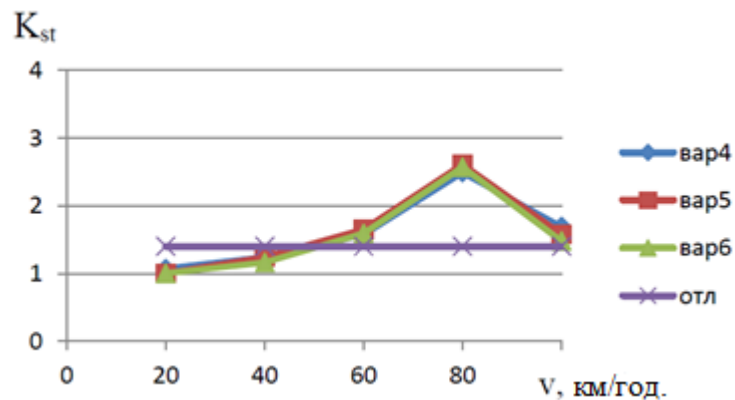


Рис. 14. Коефіцієнт стійкості від сходу з рейок

Далі в табл. 1 наведено результати розрахунку показників плавності ходу пасажирського вагону у горизонтальній та вертикальній площині для 1, 4 та 7 варіантів комбінацій параметрів ресорного підвішування, які відібрано як

найбільш прийнятні з точки зору покращення динамічних якостей вагону, що розглядається.

Табл. 1. Показники плавності ходу

Швидкість, км/год	Варіант 1		Варіант 4		Варіант 7	
	W_h	W_v	W_h	W_v	W_h	W_v
20	1,80	1,70	1,55	1,60	1,49	1,56
40	2,39	1,75	2,32	1,95	2,17	2,01
60	2,73	1,76	2,42	1,83	2,26	1,87
80	2,87	1,76	2,73	1,92	2,42	1,98
100	3,37	1,88	3,16	2,01	2,58	2,06

За результатами досліджень визначено, що найбільш прийнятні показники має вагон з параметрами ресорного підвішування за варіантами 1, 4 та 7. При цьому дещо кращі динамічні показники для більш «жорсткого» виконання буксового підвішування за варіантами 4 та 7.

Вар.1 – центральне підвішування горизонтальне поперечне – 4,0 т/м

Повздожнє – 4,0 т/м

Вертикальне – 4,9 т/м

– буксове підвішування горизонтальне поперечне – 8,2 т/м

Повздожнє – 510,0 т/м

Вертикальне – 5,1 т/м

Вар.4 – центральне підвішування горизонтальне поперечне – 4,0 т/м

Повздожнє – 4,0 т/м

Вертикальне – 4,9 т/м

– буксове підвішування горизонтальне поперечне – 16,4 т/м

Повздожнє – 1020,0 т/м

Вертикальне – 10,3 т/м

Вар.7 – центральне підвішування горизонтальне поперечне – 4,0 т/м

Повздожнє – 4,0 т/м

Вертикальне – 4,9 т/м

– буксове підвішування горизонтальне поперечне – 27,3 т/м

Повздожнє – 1020,0 т/м

Вертикальне – 17,1 т/м

Таким чином, в результаті проведених досліджень визначено варіанти раціональних параметрів буксового та центрального ресорного підвішування для досягнення найбільш прийнятних значень показників динаміки та безпеки руху пасажирського вагону, що реалізовано при розробці сучасних конструкцій рухомого складу вузької колії.

У п'ятому розділі наведено результати техніко-економічного обґрунтування запропонованих в роботі основних технічних рішень з удосконалення конструкцій рухомого складу вузької колії. В роботі визначено

вартість життєвого циклу вантажного вагона вузької колії. Вартість життєвого циклу (LCC) вагона представляє собою поточну вартість усіх витрат, пов'язаних з його життєвим циклом від придбання до припинення експлуатації на залізниці. При цьому під життєвим циклом вагона розуміється сукупність взаємопов'язаних процесів послідовної зміни його стану від придбання до утилізації. Вартість життєвого циклу визначається для вагона, що досліджуються, та вагона – аналога. Співставлення LCC об'єкта дослідження та аналога дозволяє оцінити порівняльну економічну ефективність, що і виконано в даній роботі. Вартість життєвого циклу вантажного вагона, конструкцію якого запропоновано автором і що досліджується, становить 941 тис. грн, що менше відповідного показника вагона-аналога на 129 тис. грн, або на 12%. В роботі також виконано розрахунок вартості життєвого циклу конструкції пасажирського вагону вузької колії, що запропоновано автором. Вартість життєвого циклу пасажирського вагона вузької колії, що досліджується, становить 7453 тис. грн, що менше відповідного показника вагона-аналога на 6739 тис. грн, або на 47,5%. В роботі також отримано додатково наступні результати з техніко-економічного обґрунтування запропонованих конструктивних рішень вагонів вузької колії. В результаті виконаних розрахунків визначено, що термін окупності для пасажирських вагонів складе 7,8 року, а для вантажних 5,4. Крім того слід відзначити, що досягається також соціальний ефект, який виявляється у створенні нових робочих місць в вагонобудівній промисловості та на залізничному транспорті.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, яка містить отримані автором науково обґрунтовані результати досліджень. У дисертаційній роботі автором вирішено актуальне наукове завдання з удосконалення конструкцій рухомого складу вузької колії. За результатами виконання дисертаційного дослідження можна зробити наступні висновки:

1. Проаналізовано конструкції наявного рухомого складу вузькоколійних залізниць та визначено його незадовільний технічний стан, що унеможливорює його подальше використання як у пасажирському, так і у вантажному русі. Це підтверджує актуальність даного дисертаційного дослідження, а з урахуванням перспектив розвитку вузькоколійних залізниць у гірській місцевості Заходу України та реальної можливості поєднання мережі залізниць вузької колії нашої держави з аналогічними залізницями Центральної та Східної Європи робить даний напрямок розвитку залізничного транспорту одним з пріоритетних та найбільш ефективних з точки зору економічного розвитку прикордонних територій та комплексної інтеграції національних залізниць до європейської транспортної системи.

2. Розроблено технічні рішення з реалізації сучасних конструкцій вантажних та пасажирських вагонів вузької колії, які враховують особливості експлуатації на гірських ділянках колії, а в частині удосконалення конструкції пасажирського рухомого складу запропоновано модельний ряд вагонів, який

облаштований для комфортного здійснення туристичних перевезень, а також передбачає транспортування електромобілів та інших електричних транспортних засобів з підзарядкою під час перевезення.

3. Розроблено математичну модель просторових коливань пасажирського вагону з урахуванням особливостей перевезень на туристичних маршрутах гірськими ділянками колії, що являє собою систему нелінійних диференціальних рівнянь 100-го порядку та враховує особливості пружної взаємодії між вагонами у складі поїзду.

4. Розроблено математичну модель просторових коливань вантажного вагону з урахуванням особливостей перевезень на гірських та рівнинних ділянках колії, що представляє собою систему нелінійних диференціальних рівнянь 116-го порядку та враховує особливості взаємодії колеса та рейки.

5. Підготовлено вихідні дані для проведення теоретичних досліджень динаміки рухомого складу вузької колії, що включають в себе нерівності рейкових ниток у вертикальній та горизонтальній площині, геометричні та масові характеристики елементів рухомого складу та верхньої будови колії.

6. Виконано комплекс теоретичних досліджень динамічної навантаженості рухомого складу вузької колії з визначенням раціональних параметрів ресорного підвішування на прикладі пасажирського вагону, який рухається інерційною пружно-в'язкою колією з врахуванням вертикальних та горизонтальних нерівностей рейкових ниток у складі поїзду.

В результаті досліджень визначено варіанти раціональних параметрів буксового та центрального ресорного підвішування для досягнення найбільш прийнятних значень показників динаміки та безпеки руху пасажирського вагону, що реалізовано при розробці сучасних конструкцій рухомого складу вузької колії.

7. Виконано техніко-економічне обґрунтування запропонованих конструктивних рішень вагонів вузької колії, в роботі визначено вартість життєвого циклу (LCC) вантажного та пасажирського вагонів вузької колії. Вартість життєвого циклу визначається для вагона, що досліджується, та вагона – аналога. Співставлення LCC об'єкта дослідження та аналога дозволяє оцінити порівняльну економічну ефективність, що і виконано в даній роботі. Вартість життєвого циклу вантажного вагона, конструкцію якого запропоновано автором і що досліджується, становить 941 тис. грн, що менше відповідного показника вагона-аналога на 129 тис. грн, або на 12%. Вартість життєвого циклу пасажирського вагона вузької колії, що досліджується, становить 7453 тис. грн, що менше відповідного показника вагона-аналога на 6739 тис. грн, або на 47,5%. В результаті виконаних розрахунків визначено, що термін окупності для пасажирських вагонів складе 7,8 року, а для вантажних 5,4. Крім того слід відзначити, що забезпечується також соціальний ефект, який виявляється у створенні нових робочих місць в вагонобудівній промисловості та на залізничному транспорті.

Результати роботи впроваджено у виробництво на машинобудівних підприємствах та у інжинірингових компаніях, а також у навчальний процес та у наукові дослідження, про що свідчать відповідні акти впровадження.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні наукові праці:

Публікації в науковому фаховому виданні України категорії «Б», що включене до міжнародних наукометричних баз:

1. Мямлин С. С. Математическая модель пространственных колебаний четырехосного полувагона на тележках с упругой связью колесных пар и боковых рам. *Залізничний транспорт України*. 2020. № 3. С. 43–50. (видання індексується у базі *Index Copernicus*).

2. Белошицкий Э. В., Мямлин С. С. Пути усовершенствования систем водяного отопления пассажирских вагонов. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2017. Вип. 174. С. 50–60. (видання індексується у базі *Index Copernicus*).

3. Мямлин С.С. О целесообразности эксплуатации рельсовых автобусов в Украине. *Локомотив-информ*. 2014. № 5 (95). С. 4-8.

4. Білошицький Е. В., Ловська А. О., Мямлін С. С. Зниження непродуктивних витрат тепла пасажирського рухомого складу в опалювальний період. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2020. Вип. 194. С. 34–40. (видання індексується у базі *Index Copernicus*).

Публікації у закордонних виданнях:

5. Bosyi D., Sablin O., Khomenko I., Kosariev Y., Kebal I., Myamlin S. Intelligent technologies for efficient power supply in transport systems. *Transport Problems*. 2017. Vol. 12, Is. 1. P. 57–70. <https://doi.org/10.20858/tp.2017.12.se.5> (видання індексується в базі *Scopus*)

6. Кебал Ю.В., Мямлин С.С., Мурашова Н.Г. Узкоколейка – будущее туризма. *Транспорт*. 2016. № 7 (919). С. 62–64.

7. Белошицкий Э. В., Мямлин С. С. Усовершенствования функционирования систем отопления пассажирских вагонов. *Известия ПГУПС*. 2018. № 2. С. 271–279.

Праці апробаційного характеру:

8. Мямлин С. С., Регулич Б. И. Особенности конструкций тележек пассажирских вагонов на железных дорогах колеи 1520 мм. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* (м. Дніпропетровськ, 15.04-16.04.2010). Тези доповідей 70 Міжнародної науково-практичної конференції. 2010. С. 77-78.

9. Myamlin S. Characterisics of 3-D modelling of railway vehicle dynamics. *Transbaltica 2009* (Vilnius, Lithuania, 22.04 – 23.04.2009). Proc. of the 6th International Scientific Conference. 2009.

10. Myamlin S., Mironov A. On the Prospect Innovations in the Ukrainian Railway Transportation Services as the Acute Call of the Reality. *Розширюючи обрії* (м. Дніпропетровськ, 22.04 – 23.04.2010). Збірник тез V міжнародного форуму студентів та молодих вчених. Д.: НГУ. 2010. – Т.1. С – 167 с.

11. Мямлин С. С., Кебал Ю. В., Исопенко И. В. Совершенствование технологии ремонта грузовых вагонов. *Проблеми та перспективи розвитку*

залізничного транспорту (м. Дніпропетровськ, 14.04-15.04.2011). Тези доповідей 71 Міжнародної науково-практичної конференції. 2011. С. 81-82.

12. Мямлин С. С. Особенности разработки технологических процессов для ремонта специализированных вагонов. *Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты* (г. Санкт-Петербург, 6-10 июля 2011 г.). Тезисы докладов VII Международной научно-технической конференции. 2011. С. 56-57.

13. Мямлин С. С. Проектирование грузовых вагонов нового поколения. *Подвижной состав XXI века: инновации в грузовом вагоностроении* (г. Санкт-Петербург, 25–28.06.2014). Тезисы докладов IX Международной научно-технической конференции. 2014.

14. Мямлин С.С. Создание новых конструкций полувагонов с учетом современных трендов. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* (м. Дніпропетровськ, 05-16.05.2014). Тези доповідей 74 Міжнародної науково-практичної конференції. 2014. С. 76-77.

15. Мямлин С.С. Совершенствование конструкций пассажирских вагонов для железнодорожных туристических маршрутов. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* (м. Дніпропетровськ, 14.05-15.05.2015). Тези доповідей 75 Міжнародної науково-практичної конференції. 2015. С. 62-63.

16. Мямлін С.В., Мурашова Н.Г., Мямлін С.С., Фесак В.Ю. Зварювання сталей у високоміцному стані. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* (м. Дніпропетровськ, 14.05-15.05.2015). Тези доповідей 75 Міжнародної науково-практичної конференції. 2015. С. 367-368.

17. Мямлин С.С., Мурашова Н.Г., Кебал И.Ю. Создание перспективных конструкций полувагонов. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* (м. Дніпропетровськ, 14.05-15.05.2015). Тези доповідей 75 Міжнародної науково-практичної конференції. 2015. С. 63.

18. Пшенько В. А., Мурашова Н. Г., Кебал И. Ю., Мямлин С. С. Усовершенствование крыши грузового вагона. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* (м. Дніпропетровськ, 14.05-15.05.2015). Тези доповідей 75 Міжнародної науково-практичної конференції. 2015. С. 75-76.

19. Мурашова Н.Г., Кебал И.Ю., Мямлин С.С. Особенности технологии сварки. *Зварювання та споріднені технології* (сmt Ворзель, 2015). Тези доповідей VIII Міжнародної науково-практичної конференції. 2015. С. 451.

20. Мямлін С. С., Кебал І. Ю. Створення пасажирського рухомого складу для організації туристських маршрутів. *Перспективи розвитку транспортного комплексу (Проблеми управління, економіки, екології та права щодо розвитку транспортного комплексу України)*, (м. Дніпропетровськ, 5-6 листопада 2015 р.). Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції. 2015. С. 70-71.

21. Пулария А.Л., Донев А.А., Кебал И.Ю., Мямлин С.С. Особенности технического диагностирования пассажирских вагонов узкой колеи. *Проблеми механіки залізничного транспорту: Безпека руху, динаміка, міцність рухомого*

складу та енергозбереження (м. Дніпропетровськ, 25–27 травня 2016 р.) Тези XIV Міжнародної науково-технічної конференції. 2016. С. 102.

22. Мямлин С.С. Создание и модернизация подвижного состава для перевозки зерна железнодорожным транспортом. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* (м. Дніпропетровськ, 19.05–20.05.2016). Тези 76 Міжнародної науково-практичної конференції. 2016. С. 44-45.

23. Кебал И.Ю., Мямлин С.С. Перспективные разработки узкоколейного подвижного состава. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* (м. Дніпропетровськ, 19.05–20.05.2016). Тези доповідей 76 Міжнародної науково-практичної конференції. 2016. С. 50-51.

24. Мямлин С.С., Кебал И.Ю., Шатов В.А. Автономні пересувні технологічні модулі для забезпечення життєдіяльності людей в польових умовах. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* (м. Дніпропетровськ, 19.05–20.05.2016). Тези доповідей 76 Міжнародної науково-практичної конференції. 2016. С. 90-91.

25. Мямлин С.С. Формирование единого транспортного комплекса с использованием железнодорожного транспорта и канатных подвесных дорог. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* (м. Дніпропетровськ, 19.05–20.05.2016). Тези доповідей 76 Міжнародної науково-практичної конференції. 2016. С. 130-131.

26. Мямлин С. С. Создание технических средств для транспортировки зерна железнодорожным транспортом. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* м. Дніпро, 11-12 травня 2017 р.). Тези доповідей 77 Міжнародної науково-практичної конференції. 2017. С. 63-64.

27. Мямлин С. С., Кебал И. Ю. Разработка антивандалных устройств тормозной рычажной передачи грузовых вагонов. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* (м. Дніпро, 11-12 травня 2017 р.). Тези доповідей 77 Міжнародної науково-практичної конференції. 2017. С. 61-63.

28. Белошицкий Э. В., Мямлин С. С. Тормозная система узкоколейных вагонов. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* (м. Дніпро, 11-12 травня 2017 р.). Тези доповідей 77 Міжнародної науково-практичної конференції. 2017. С. 57-59.

29. Бабаев А. М., Шапошник В. Ю., Мямлин С. С. Позиционирование колесных пар трехэлементных тележек в рельсовой колее. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* (м. Дніпро, 11-12 травня 2017 р.). Тези доповідей 77 Міжнародної науково-практичної конференції. 2017. С. 40-41.

30. Мямлин, С. С., Кебал И. Ю. Развитие электромобилей в мировом транспортном сегменте. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* (м. Дніпро, 11-12 травня 2017 р.). Тези доповідей 77 Міжнародної науково-практичної конференції. 2017. С. 135-136.

31. Белошицкий Е. В., Мямлин С. С. Удосконалення параметрів енергоефективності систем життєзабезпечення рухомого складу залізниць. *Сучасні методики, інновації та досвід практичного застосування у сфері*

технічних наук (м. Радом, Республіка Польща. 27–28 грудня 2017 р.). Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. 2017. С. 140–144.

Додаткові праці, які відображають результати дисертації:

32. Кебал И.Ю., Мямлин С.С. Совершенствование конструкции крышки люка полу вагона. *Локомотив-информ*. 2016. № 7-8 (112-113). С. 4-8.

33. Мямлин С.С., Кебал Ю.В. Вузькоколіїні залізниці – майбутнє туристичного бізнесу. *Вагонний парк*. 2016. № 3-4 (108-109). С. 58-60.

34. Мямлин С.С., Кебал И.Ю., Сонин Д.А., Солярчин Я.В. Разработка подвижного состава и технологической инфраструктуры для перевозки электромобилей железнодорожным транспортом. *Вагонний парк*. 2017. №1-2. С. 42-44.

35. Кебал И. Ю., Мямлин С. С., Босый Д. А. Проблемы инфраструктуры обслуживания и транспортирования электромобилей железнодорожным транспортом. *Вагонний парк*. 2017. № 9-10. С. 46-48.

36. Мямлин С. С., Кебал И. Ю. Совершенствование конструкции подвижного состава узкоколейных железных дорог. *Вагонний парк*. 2017. № 5-6. С. 51-53

37. Бабаев А.М., Шапошник В. Ю., Мямлин С. С. Транспортировка вагона в поезде с глубоким ползуном на колесной паре. *Вагонний парк*. 2019. № 5. С. 6-7

38. Мямлін С.С. Літературно-письмовий твір наукового характеру «Типовий технологічний процес проведення вхідного контролю деталей візків та гальмівної важільної передачі пасажирських вагонів». Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 39162, 14.07.2011

39. Методичні вказівки до виконання курсової роботи дисципліни «Автогальма рухомого складу» / уклад. А. М. Бабаєв, С. С. Мямлін, В. Ю. Шапошник. – Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2014. – 59 с.

40. Стоянкове гальмо вагону: пат. 92256 Україна, МПК В 61 Н 13/00. u2014 01847; заявл. 25.02.2014; опубл. 11.08.2014, Бюл. № 15.

41. Опалювальна система пасажирського вагона: пат. 115667 Україна, МПК В 61 D 27/00, В 61 Н 1/22. u2016 10911; заявл. 31.10.2016; опубл. 25.04.2017, Бюл. № 8.

42. Пристрій для закріплення або обмеженого переміщення колісної пари: пат. 130652 Україна, МПК В 61 К 7/20, В 61 Н 7/00. u2018 03007; заявл. 26.03.2018; опубл. 26.12.2018, Бюл. № 24.

43. Бічна рама візка вагона: пат. 102703 Україна, МПК В 61 F 5/52. / № u2015 05425; заявл. 02.06.2015 ; опубл. 10.11.2015, Бюл. № 21.

44. Балка надресорна візка вантажного вагона : пат. 101676 Україна, МПК В 61 F 5/40. u2015 03044 ; заявл. 02.04.2015 ; опубл. 25.09.2015, Бюл. № 18.

45. Залізничний вагон для перевезення електромобілів з можливістю підзарядки: пат. 119315 Україна, МПК В 61 D 3/18. u2017 01809 ; заявл. 27.02.2017 ; опубл. 25.09.2017, Бюл. № 18.

46. Підвіска важільної передачі візка рейкового транспорту: пат. 123746 Україна, МПК В 61 F 5/50, В 60 В 35/00. u2017 08420; заявл. 16.08.2017; опубл. 12.03.2018, Бюл. № 5.

47. Колісна пара із змінним положенням коліс: пат. 126489 Україна, МПК В 61 F 7/00, В 61 F 5/00. u2018 00049 ; заявл. 02.01.2018 ; опубл. 25.06.2018, Бюл. № 12.

48. Перетворювач для живлення енергоємних пристроїв від поїзної магістральної мережі: пат. 126810 Україна, МПК В 60 L 1/12. u2018 00132; заявл. 03.01.2018 ; опубл. 10.07.2018, Бюл. № 13.

49. Боковая рама тележки грузового вагона: пат. Республики Казахстан, KZ № 1307 U кл В61F 5/52. № заявки 2014/0173.2 заявл. 12.11.2014; опубл. 17.08.2015, Бюл. №8.

50. Стоянкове гальмо вагону: пат. 92255 Україна, МПК В 61 Н 13/00. u2014 01848; заявл. 25.02.2014; опубл. 11.08.2014, Бюл. № 15.

АНОТАЦІЯ

Мямлін С. С. Удосконалення конструкцій рухомого складу вузької колії. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів; Український державний університет залізничного транспорту, Харків, 2021.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, яка містить отримані автором науково обґрунтовані результати досліджень. У дисертаційній роботі автором вирішено актуальне наукове завдання з удосконалення конструкцій рухомого складу вузької колії. В роботі автором проаналізовано конструкції наявного рухомого складу вузькоколієвих залізниць та визначено його незадовільний технічний стан. Це підтверджує актуальність даного дисертаційного дослідження. Розроблено математичну модель просторових коливань пасажирського вагону з урахуванням особливостей перевезень на туристичних маршрутах гірськими ділянками колії, що являє собою систему нелінійних диференціальних рівнянь 100-ого порядку та враховує особливості пружної взаємодії між вагонами у складі поїзду. Розроблено математичну модель просторових коливань вантажного вагону з урахуванням особливостей перевезень на гірських та рівнинних ділянках колії, що представляє собою систему нелінійних диференціальних рівнянь 116-ого порядку та враховує особливості взаємодії колеса та рейки. Розроблено технічні рішення з реалізації сучасних конструкцій вантажних та пасажирських вагонів вузької колії, які враховують особливості експлуатації на гірських ділянках колії, а в частині удосконалення конструкції пасажирського рухомого складу запропоновано модельний ряд вагонів, який облаштований для комфортного здійснення туристичних перевезень. Виконано комплекс теоретичних досліджень динамічної навантаженості рухомого складу вузької колії з визначенням раціональних параметрів ресорного підвішування на прикладі пасажирського вагону, який рухається інерційною пружно-в'язкою колією з

врахуванням вертикальних та горизонтальних нерівностей рейкових ниток у складі поїзду. В результаті досліджень визначено варіанти раціональних параметрів буксового та центрального ресорного підвішування для досягнення найбільш прийнятних значень показників динаміки та безпеки руху пасажирського вагону, що реалізовано при розробці сучасних конструкцій рухомого складу вузької колії. Виконано техніко-економічне обґрунтування запропонованих конструктивних рішень вагонів вузької колії, при цьому вартість життєвого циклу розроблених в роботі конструкцій вантажних вагонів зменшується у порівнянні із стандартними конструкціями. Результати роботи впроваджено у виробництво, про що свідчать відповідні акти впровадження.

Ключові слова: рухомий склад, удосконалення конструкції вагонів, динамічні якості, вузька колія.

АННОТАЦІЯ

Мямлин С. С. Совершенствование конструкций подвижного состава узкой колеи. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов; Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, Харьков, 2021.

Диссертационная работа является завершённой научной работой, которая содержит полученные автором научно обоснованные результаты исследований. В диссертационной работе автором решена актуальная научная задача по совершенствованию конструкций подвижного состава узкой колеи. В работе автором проанализированы конструкции имеющегося подвижного состава узкоколейных железных дорог и определены его неудовлетворительное техническое состояние, исключающее его дальнейшее использование как в пассажирском, так и в грузовом движении. Разработана математическая модель пространственных колебаний пассажирского вагона с учетом особенностей перевозок на туристических маршрутах горными участками пути, представляет собой систему нелинейных дифференциальных уравнений 100-го порядка и учитывает особенности упругого взаимодействия между вагонами в составе поезда. Разработана математическая модель пространственных колебаний грузового вагона с учетом особенностей перевозок на горных и равнинных участках пути, представляет собой систему нелинейных дифференциальных уравнений 116-го порядка и учитывает особенности взаимодействия колеса и рельса. Разработаны технические решения по реализации современных конструкций грузовых и пассажирских вагонов узкой колеи, которые учитывают особенности эксплуатации на горных участках пути. Выполнен комплекс теоретических исследований динамической нагруженности подвижного состава узкой колеи с определением рациональных параметров ресорного подвешивания на примере пассажирского вагона, движущегося инерционной упруго-вязкой колеей с учетом вертикальных и горизонтальных неровностей рельсовых нитей в составе поезда. В результате исследований

определены варианты рациональных параметров буксового и центрального рессорного подвешивания для достижения наиболее приемлемых значений показателей динамики и безопасности движения пассажирского вагона, что реализовано при разработке современных конструкций подвижного состава узкой колеи. Выполнено технико-экономическое обоснование предложенных конструктивных решений вагонов узкой колеи. Результаты работы внедрены в производство на машиностроительных предприятиях и в инжиниринговых компаниях, о чем свидетельствуют соответствующие акты внедрения.

Ключевые слова: подвижной состав, совершенствование конструкции вагонов, динамические качества, узкая колея.

ABSTRACT

Myamlin S. S. Improvement of design narrow gauge wagons. – Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of technical sciences on a specialty 05.22.07 - Railway rolling stock and traction trains; Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, 2021.

The dissertation is a completed scientific work, which contains scientifically sound research results obtained by the author. In the dissertation the author solved the actual scientific problem of improving the structures of the narrow gauge rolling stock. In the work the author analyzes the structures of the existing rolling stock of narrow-gauge railways and determines its unsatisfactory technical condition, which makes it impossible to continue its use in both passenger and freight traffic. This confirms the relevance of this dissertation research, and taking into account the prospects of narrow gauge railways in the mountains of Western Ukraine and the real possibility of combining the network of narrow gauge railways of our country with similar railways of Central and Eastern Europe makes this direction of railway development one of the priority in terms of economic development of border areas and integrated integration of national railways into the European transport system. A mathematical model of spatial oscillations of a passenger car has been developed taking into account the peculiarities of transportation on tourist routes by mountain sections of the track, which is a system of nonlinear differential equations of the 100th order and takes into account the peculiarities of elastic interaction between cars. A mathematical model of spatial oscillations of a freight car has been developed taking into account the peculiarities of transportation on mountain and plain sections of the track, which is a system of nonlinear differential equations of the 116th order and takes into account the interaction of wheel and rail. Technical solutions for the implementation of modern designs of freight and passenger cars of narrow gauge, which take into account the peculiarities of operation in mountainous areas of the track, and in terms of improving the design of passenger rolling stock proposed a range of cars, which is equipped for comfortable tourist transportation other electric vehicles with recharging during transportation. A set of theoretical studies of the dynamic load of the rolling stock of a narrow gauge with the determination of rational parameters of spring suspension on the example of a passenger car moving on an inertial elastic-viscous track taking into account vertical and horizontal

irregularities of rail threads in the train. As a result of researches variants of rational parameters of axle box and central spring suspension for achievement of the most acceptable values of indicators of dynamics and safety of movement of the passenger car are defined that is realized at development of modern designs of a rolling stock of a narrow gauge. At the same time, the cost of the life cycle of freight car constructions developed in operation decreases in comparison with standard constructions. The results of the work have been implemented in production, as evidenced by the relevant implementation acts.

Key words: rolling stock, improvement of design wagons, dynamic qualities, narrow gauge.

МЯМЛІН СЕРГІЙ СЕРГІЙОВИЧ

УДК 629.4.022.6

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ РУХОМОГО СКЛАДУ ВУЗЬКОЇ
КОЛІЇ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск



доц. Равлюк В. Г.

Підписано до друку 01.04.2021.
Формат паперу 60x84 1/16. Папір для множних апаратів
Друк цифровий. Умовн. друк. арк. 0,9.
Тираж 100 прим.

Надруковано у копіцентрі «Panda-Print»
(ФОП Панарін В.С.)
61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 11-б