Український державний університет залізничного транспорту
Міністерство освіти і науки України

Український державний університет залізничного транспорту
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

МЯМЛІН СЕРГІЙ СЕРГІЙОВИЧ

УДК 629.4.022.6

ДИСЕРТАЦІЯ
УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ РУХОМОГО СКЛАДУ ВУЗЬКОЇ КОЛІЇ

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

27 – Транспорт

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

С.С. Мямлін

Науковий керівник – ЛОВСЬКА Альона Олександрівна
кандидат технічних наук, доцент

Харків – 2021

АНОТАЦІЯ

Мямлін С.С. Удосконалення конструкцій рухомого складу вузької колії. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за фахом 05.22.07 – «Рухомий склад залізниць і тяга поїздів» (273 – Залізничний транспорт). – Український державний університет залізничного транспорту, Харків, 2021.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, яка містить отримані автором науково обґрунтовані результати досліджень. У дисертаційній роботі вирішено актуальне наукове завдання з удосконалення конструкцій рухомого складу вузької колії. В роботі проаналізовано конструкції наявного рухомого складу вузькоколійних залізниць та визначено його незадовільний технічний стан, що унеможливлює 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.

Розроблено розрахункову схему та сформовано математичну модель просторових коливань чотиривісного пасажирського вагону. Вагон представлено, як систему твердих тіл, що пов’язані між собою пружно-в’язкими зв’язками. Математичну модель розроблено з урахуванням особливостей перевезень на туристичних маршрутах гірськими ділянками колії. Математична модель являє собою систему нелінійних диференційних рівнянь 100-ого порядку та враховує особливості пружної взаємодії між вагонами у

складі поїзду. Колія розглядається інерційною та пружно-в’язкою.

Розроблено розрахункову схему та математичну модель просторових коливань вантажного вагону з урахуванням особливостей перевезень на гірських та рівнинних ділянках колії. Вантажний вагон розглядається у чотиривісному виконанні, як система твердих тіл з урахуванням міжелементних зв’язків. Математична модель представляє собою систему нелінійних диференційних рівнянь 116-ого порядку та враховує особливості взаємодії колеса та рейки.

Для моделювання вимушених коливань, як пасажирського, так і вантажного вагону застосовуються нерівності рейкової колії у вертикальному та горизонтальному поперечному напрямку. Нерівності рейок отримано в результаті експериментальних досліджень на магістральних ділянках залізниць з послідуючим отриманням статистичних характеристик цих нерівностей при моделюванні вимушених коливань рухомого складу вузької колії.

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

Проаналізовано тенденції розвитку конструкцій вантажних вагонів вузької колії для забезпечення перевезень широкої номенклатури вантажів. Розроблено технічні рішення з реалізації сучасних конструкцій основних типів вантажних вагонів вузької колії на прикладі піввагона та платформи у чотиривісному виконанні. При розробці конструкції даних типів вантажних вагонів враховано сучасні вагонобудівні технології, що дозволили створити конструкції з урахуванням перспективних умов експлуатації. До особливостей запропонованих конструкцій вантажних вагонів відносяться оригінальні технічні рішення, як окремих вузлів, так і цілих систем. Розроблено також конструкцію двовісного візка, який має покращені характеристики у порівнянні з базовими конструкціями.

Розроблено технічні рішення з реалізації сучасних конструкцій пасажирських вагоні вузької колії, які враховують особливості експлуатації на гірських ділянках колії. В частині удосконалення конструкцій пасажирського рухомого складу запропоновано цілий модельний ряд вагонів, які облаштовані для комфортного здійснення туристичних перевезень та регулярних пасажирських перевезень у міжміському сполученні. До базового складу пасажирських поїздів пропонується включення вагонів першого та другого класу, вагонів буфетів та вагонів ресторанів, вагонів салонів, спальних вагонів, а також технічних вагонів. Забезпечення функціонування пасажирських вагонів передбачається за допомогою силового обладнання технічного вагону, що дозволяє зменшити кількість допоміжного обладнання на окремих вагонах. Наявність автономних систем живлення на технічному вагоні дозволяє забезпечити стабільну роботу системи опалення, кондиціонування та вентиляції повітря в залежності від пори року та створити стабільні комфортні умови не тільки під час руху поїзда, а й під час тривалих стоянок. Формування складу поїздів можливо здійснювати виходячи з призначення певного пасажирського або туристичного маршруту. При розробці конструкцій пасажирських вагонів вузької колії запропоновано технічну реалізацію двовісних візків та основних систем вагонів. Конструкція двовісних візків для пасажирських вагонів передбачає наявність двох ступенів ресорного підвішування та покращеними характеристиками з амортизації коливань.

Розроблено також спеціальний вагон, який передбачає транспортування електромобілів та інших електричних транспортних засобів з підзарядкою під час перевезення.

Далі в роботі 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. До особливостей теоретичних досліджень динамічної навантаженості пасажирського вагону

відноситься також те, що динаміка вагону розглядається не тільки у вертикальній площині, а й з урахуванням повздовжнього навантаження та сил взаємодії у міжвагонних з'єднаннях.

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. Визначені раціональні параметри ресорного підвішування дозволяють покращити динамічні якості пасажирських вагонів на 30-70% та збільшити конструктивну швидкість.

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 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%. 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.

Ключові слова: рухомий склад, удосконалення конструкцій, динамічні якості, вузька колія, туристичні перевезення, гірський залізничний транспорт, раціональні параметри, ресорне підвішування.

ABSTRACT

Myamlin S. S. Improvement of design narrow gauge wagons. – Qualified scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for obtaining the degree of a candidate of technical sciences (doctor of philosophy) in specialty 05.22.07 – "Rolling stock of railways and traction of trains" (273 – Railway transport). – 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 work the actual scientific problem on improvement of designs of a rolling stock of a narrow track is solved. The constructions of the existing rolling stock of narrow-gauge railways are analyzed in the work and its unsatisfactory technical condition is determined, which makes its further use impossible both in 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 and most effective in terms of economic development of border areas and integrated integration of national railways into the European transport system.

The calculation scheme is developed and the mathematical model of spatial oscillations of the four-axle passenger car is formed. The car is presented as a system of solids connected by elastic-viscous bonds. The mathematical model is developed taking into account features of transportations on tourist routes by mountain sections of a track. The mathematical model is a system of nonlinear differential equations of

the 100th order and takes into account the peculiarities of the elastic interaction between the cars in the train. The track is considered to be inertial and elastic-viscous.

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. Certain rational parameters of the spring suspension allow to improve the dynamic qualities of passenger cars by 30-70% and increase the design speed.

Feasibility study of the proposed design solutions of narrow gauge cars is performed, the life cycle cost (LCC) of freight and passenger narrow gauge cars is determined in the work. The cost of the life cycle is determined for the car under study and the car - analogue. The comparison of the LCC of the object of study and the analogue allows us to assess the comparative cost-effectiveness, as performed in this paper. The cost of the life cycle of a freight car, the design of which is proposed by the author and which is being studied, is 941 thousand UAH, which is less than the corresponding figure of the analog car by 129 thousand UAH, or 12%. The cost of the life cycle of the narrow-gauge passenger car under study is UAH 7,453 thousand, which is less than the corresponding indicator of the analogue car by UAH 6,739 thousand, or 47.5%. As a result of the calculations, it was determined that the payback period for passenger cars will be 7.8 years, and for freight 5.4. In addition, it should be noted that there is also a social effect, which is manifested in the creation of new jobs in the car industry and rail transport.

The results of the work have been implemented in production at machine-building enterprises and engineering companies, as well as in the educational process and research, as evidenced by the relevant implementation acts.

Key words: rolling stock, improvement of constructions, dynamic qualities, narrow gauge, tourist transportations, mountain railway transport, rational parameters, spring suspension.

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 тренований. 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. Особености технологии сварки. Зварювання та споріднені технології (смт 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 Міжнарародної 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. Мямлін 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 антивандальных 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. Белошицький Е. В., Мямлін 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. Вузькоколійні 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. Вагонный 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 B 61 H 13/00. u2014 01847; заявл. 25.02.2014; опубл. 11.08.2014, Бюл. № 15.

41. Опалювальна система пасажирського вагона: пат. 115667 Україна, МПК B 61 D 27/00, B 61 H 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 B 61 K 7/20, B 61 H 7/00. u2018 03007; заявл. 26.03.2018; опубл. 26.12.2018, Бюл. № 24.

43. Бічна рама візка вагона: пат. 102703 Україна, МПК B 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 B 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 B 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 B 61 F 5/50, B 60 B 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 B 61 F 7/00, B 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 B 60 L 1/12. u2018 00132; заявл. 03.01.2018 ; опубл. 10.07.2018, Бюл. № 13.

49. Боковая рама тележки грузового вагона: пат. Республіки Казахстан, KZ № 1307 U кл B61F 5/52. № заявки 2014/0173.2 заявл. 12.11.2014; опубл. 17.08.2015, Бюл. №8.

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

ЗМІСТ

ВСТУП 18

РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ. РОЗВИТОК ЗАЛІЗНИЦЬ ВУЗЬКОЇ КОЛІЇ. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РУХОМОГО СКЛАДУ ВУЗЬКОКОЛІЙНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ. АНАЛІЗ НАУКОВОЇ І ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ З УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ. 25

1.1 Дослідження стану вантажних перевезень залізницями вузької колії 25

1.1.1 Характеристика вузькоколійних залізниць 25

1.1.2 Промислове та народногосподарське використання 29

1.1.3 Розвиток вузькоколійних залізниць Закарпаття 30

1.1.4 Аналіз технічного стану рухомого складу та вузькоколійних залізниць 31

1.2 Обґрунтування використання вантажних вагонів на гірських залізницях 32

1.2.1 Проблема вузькоколійок 32

1.2.2 Розвиток вантажних перевезень 34

1.2.3 Пропозиції та рекомендації 36

1.3 Аналіз наукової і технічної літератури за напрямком дисертаційного дослідження 37

1.4 Перспективи розвитку залізничних перевезень на вузькоколійних залізницях 41

1.5 Висновки до розділу 1 42

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ЯКОСТЕЙ РУХОМОГО СКЛАДУ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЦЬ ВУЗЬКОЇ КОЛІЙ 44

2.1 Розробка математичної моделі просторових коливань пасажирського вагону вузької колії 44

2.2 Розробка математичної моделі просторових коливань вантажного 62

вагону вузької колії
2.3 Висновки до розділу 2 74
РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ РЕЙКОВИХ ЕКІПАЖІВ ДЛЯ РІЗНИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ 76
3.1 Дослідження конструкцій вузькоколійних вантажних вагонів та їх візків 76
3.2 Розробка конструкцій основних типів вантажних вагонів для гірських залізниць вузької колії 77
3.2.1 Конструкція розроблених вантажних вагонів колії 750 мм та візка 78
3.2.2 Проектування зварних з’єднань в конструкції вантажних вагонів колії 750 мм 111
3.3 Удосконалення конструкцій пасажирського рухомого складу вузької колії 113
3.3.1 Кузов пасажирських вагонів колії 750 мм 116
3.3.2 Візок пасажирського вагона колії 750 мм та його елементи 121
3.4 Удосконалення конструкцій самохідного рухомого складу вузької колії 133
3.5 Висновки до розділу 3 135
РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ЯКОСТЕЙ РУХОМОГО СКЛАДУ ВУЗЬКОЇ КОЛІЇ 136
4.1 Програмне забезпечення для дослідження просторових коливань рейкових екіпажів 136
4.2 Підготовка вихідних даних для проведення теоретичних досліджень 139
4.3 Моделювання нерівностей рейкових ниток залізничної колії 142
4.4 Результати математичного моделювання просторових коливань пасажирських вагонів вузької колії 143
4.5 Висновки до розділу 4 167

РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ 169

5.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження сучасних конструкцій вантажних вагонів вузької колії 174

5.2 Техніко-економічне обґрунтування впровадження інноваційних конструкцій пасажирських вагонів вузької колії 179

5.3 Висновки до розділу 5

ВИСНОВКИ 181

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 184

Додаток А Схеми основних вузькоколійних залізниць України 217

Додаток Б Аналіз технічного стану парку рухомого складу вузькоколійних залізниць України 219

Додаток В Аналіз конструкцій вантажного рухомого складу вузькоколійних залізниць 246

Додаток Г Технічні рішення запропонованих конструкцій пасажирських вагонів для вузькоколійних залізниць 275

Додаток Д Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації 283

Додаток Е Патенти 292

Додаток Є Акти впровадження результатів дисертації 302

ВСТУП

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 вузькоколійних залізниць.

Залізниці 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 дільниць вузької колії у єдиній мережі вузькоколійних 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 інтероперабельності 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 дільниць між вузькоколійними залізницями нашої держави та європейських країн, протяжність вузькоколійних залізниць може сягати 3000 км. Наразі опрацьовується багато варіантів розвитку вузькоколійного 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 вузькоколійних залізниць і рухомого складу для них;

– розробити технічні рішення з реалізації сучасних конструкцій

вантажних та пасажирських вагоні 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 вузькоколійних 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 навантаженності вузькоколійного 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 зчіпному 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 вузькоколійних залізниць у рівнинних та гірських районах із пропозиціями з розробки перспективних конструкцій вузькоколійного 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, ІПРЕЕД 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.

РОЗДІЛ 1
СТАН ПИТАННЯ. РОЗВИТОК ЗАЛІЗНИЦЬ ВУЗЬКОЇ КОЛІЇ. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РУХОМОГО СКЛАДУ ВУЗЬКОКОЛІЙНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ. АНАЛІЗ НАУКОВОЇ І ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ З УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ.

Розвиток економіки держави нерозривно пов'язаний з удосконаленням транспортної інфраструктури. При цьому розвиток різних видів транспорту відбувається на тлі жорсткої конкуренції. Залізничний транспорт як і раніше є одним із провідних видів транспорту, який забезпечує перевезення вантажів і пасажирів у внутрішньодержавному та міжнародному сполученні. Основними компонентами діяльності залізничного транспорту, як відомо, є інфраструктура і рухомий склад, завдяки яким і відбувається забезпечення перевезення вантажів і пасажирів поряд з технічними засобами, що забезпечують безпеку руху та технологічне забезпечення функціонування всіх систем магістральних та вузькоколійних залізниць. В даному дослідженні основна увага приділяється розвитку рухомого складу залізниць з урахуванням його різноманіття.

1.1 Дослідження стану вантажних перевезень залізницями вузької колії

1.1.1 Характеристика вузькоколійних залізниць

Розглянемо переваги та недоліки вузькоколійних залізниць. Вузькоколійні залізниці дешевші в будівництві та експлуатації, ніж залізниці зі стандартною шириною колії. Менші розміри та маса вузькоколійних локомотивів і вагонів дозволяють будувати більш легкі мости; при будівництві тунелів для вузькоколійок потрібно витягувати менший обсяг ґрунту, що робить їх будівництво більш дешевим. Крім того, на вузькоколійках

допускаються криві менших радіусів, ніж на звичайних залізницях, що зумовило їх популярність в гірських районах.

До недоліків вузькоколійних залізниць можна віднести: менший розмір і вага перевезених вантажів, менша стійкість руху і менша максимально допустима швидкість. Як правило, вузькоколійні залізниці не утворюють єдиної мережі і найчастіше будуються підприємствами для однієї певної мети (наприклад, для вивезення заготовленого лісу, торфу, вугілля або інших ресурсів) [51-56].

Крім промислових вузькоколійок існували підвізні залізниці, що з'єднували звичайні залізниці з тими районами, де будувати залізниці стандартної колії було економічно недоцільно. Такі вузькоколійки згодом були переобладнані на стандартну ширину колії або були демонтовані, не витримавши конкуренції з автотранспортом, тому що їх основні переваги перекривалися недоліком: перевалка вантажів з одної колії на іншу була довгим і трудомістким процесом.

Найдовша вузькоколійна залізниця в Східній Європі (довжина 125 км) знаходиться в Болгарії, яка з'єднує міста Септември і Добріниште [53-55]. Дані про вузькоколійні залізниці застосовані з відкритих джерел інформації.

Друге місце по довжині з довгих існуючих вузькоколійних залізниць в Східній Європі займає залізниця, яка знаходиться в Україні в Рівненській області, що з’єднує станції Антонівка та Зарічне, довжина якої становить 106 км. Дана залізниця в основному використовується для пасажирських перевезень.

В Україні активно експлуатується ще декілька вузькоколійних залізниць, одна з яких Рудниця - Гайворон - Голованівськ, що проходить територією трьох областей. Максимальна довжина її складає 440 км, експлуатується в даний час 120 км. Вантажний рух остаточно припинено після розбору гілки Дахно - Чечельник. В даний час здійснюється тільки пасажирський рух.

Боржавська вузькоколійна залізниця була побудована для потреб лісової промисловості Закарпаття. Її протяжність складає – 123 км. Починається вона

на станції Берегове, проходить уздовж річки Іршава з відгалуженням у напрямку Виноградова та закінчується в районі віддалених гірських лісозаготівель на полонині Боржава (станція «Кушниця»). На теперішній час залізницею здійснюється тільки пасажирське сполучення на дільниці Виноградів – Хмільник – Іршава (це всього 44 км маршруту).

Вузькоколійна дорога «Карпатський трамвай». Маршрут пролягає по території Івано-Франківської області. Вузькоколійка відкрита в кінці 19 століття для обслуговування лісозаготівель, її протяжність до 1990-х років була майже 180 км. Після повенів у 1997 та 2000 роках відновити вдалося тільки Мізунську гілку протяжністю 65 км. В даний час проводиться тільки пасажирський рух.

Колочавську вузькоколійну залізницю було закладено в кінці 19 століття і на сьогодні вона практично припинила своє існування, наразі рух здійснюється тільки на ділянці Іршава – Хмільник. На цій ділянці 2 рази на день проходить потяг «Анця Кушницька» [53].

Найвідоміша з країн бувшого СРСР, а нині Євросоюзу, діюча вузькоколійка Гулбене - Алуксне, Латвійська Республіка. Є туристичним об'єктом, хоча місцеві жителі використовують цю залізницю як звичайний транспорт.

У Німеччині збереглися і використовуються для вантажних і пасажирських перевезень досить багато вузькоколійок, наприклад в Саксонії, на острові Рюген, в Гарце (мережа Harzer Schmalspurbahnen); при цьому на багатьох з них до сих пір використовується парова тяга.

У Польщі до недавнього часу зберігалася мережа вузькоколійок з колією в 600, 750, 785 і 1000 мм, але до кінця 2001 року на більшості вузькоколійок були припинені пасажирські перевезення. Наразі деякі з них використовуються тільки в літній період для перевезення туристів. Багато вузькоколійки були передані польськими залізницями на баланс місцевих адміністрацій.

У Словаччині з 1908 року діє вузькоколійна Татранська електрифікована залізниця (ширина колії - 1000 мм), яка забезпечує перевезення туристів між

гірськими селищами Високих Татр і містом Попрад, через яке проходить магістральна залізниця Кошице - Жиліна. Залізниця складається з двох ліній: Татранська-Ломніца - Стари-Семаківці - Штрбське-Плесо і Стари-Семаківці - Попрад. Також діє зубчаста залізниця (колія теж 1000 мм) Штрбське-Плесо - Штрба.

Велика вузькоколійна мережа (з шириною колії 1000 мм) зберігається в Іспанії. Головна залізниця цієї системи має довжину в 650 км і проходить вздовж північного узбережжя в Іспанській Басконії. Мережа має назву EuskoTren. Також вузькоколійки збереглися в Іспанії в районі Барселони, Валенсії і на острові Майорка.

У Швейцарії є велика мережа вузькоколійок з шириною колії 1000 мм, в першу чергу, вони використовуються для пасажирських перевезень. Вони підтримуються в хорошому стані, тому що в гірських районах альтернативи їм майже немає.

В Італії є дві вузькоколійних залізниці Circumetnea (навколо Етни, від Катанії до Ріпосто) і Circumvesuviana (з'єднує місто Неаполь з околицями, в тому числі Помпея, Ерколано, Сорренто).

У Республіці Казахстан збереглися кілька коротких вузькоколійних залізниць. У 2013 році була розібрана велика вузькоколійна залізниця протяжністю 98 кілометрів - «Остання вузькоколійка Цілини», що пролягала за напрямком Атбасар - Промислова.

Серед республік колишнього СРСР жодної збереженої вузькоколійки немає тільки в Азербайджані (після закриття Бакинської локальної залізниці) та Молдові. Найбільш насиченою діючими вузькоколійними залізницями є Республіка Білорусь. Вузькоколійні залізниці там активно будуються і розвиваються, для них будуються нові локомотиви і вагони.

У державах Африки, Південно-Східної Азії, Латинської Америки, а також в Японії і деяких країнах Європи при вантажообігу 10 - 15 млн. т-км брутто на 1 км на рік будувалися залізниці з шириною колії 500, 750, 914, 1000 і 1067 мм. Так, в Польщі застосовувалися стандарти 1000, 785, 750, 600 мм. З розміром

ширини колії 1067 мм були зведені залізниці в Еквадорі, ПАР, Японії, Ботсвані, Гаїті, Коста-Ріці, Гані, Нікарагуа, Гондурасі, Домінікані та на острові Сахалін. Як бачимо, майже у всьому світі відбувається будівництво та трансформація вузькоколійних залізниць з адаптацією до місцевих потреб у перевезені вантажів та пасажирів.

1.1.2 Промислове та народногосподарське використання

Вузькоколійні залізниці будувалися для обслуговування торфорозробок, лісосік, шахт, рудників, окремих промислових підприємств або груп з кількох суміжних підприємств, районів цілинних земель в пору їх освоєння (рис. 1.1) [53-55].

Рисунок 1.1 – Використання вагонів вузької колії

Мікроколійні залізниці будувалися в середині цехів або на території великих підприємств для переміщення великих заготовок, великих кількостей матеріалів, верстатів, вивезення з цехів великогабаритної готової продукції, іноді для розвезення робітників у віддалені цехи. В даний час для цих цілей застосовуються автонавантажувачі і електрокари, а також рейкомобілі.

1.1.3 Розвиток вузькоколійних залізниць Закарпаття

Вузькоколійні залізниці Закарпаття представляють собою мережу залізниць вузької колії в Закарпатській області України, яка виконувала роль промислового та під'їзного видів транспорту, а також роль транспорту загального користування. В окремі періоди свого розвитку сукупна довжина колій цієї мережі становила близько 1500 км [54, 55], що досить суттєво впливало на розвиток цього регіону.

Періодом найбільш стрімкого будівництва залізниць на території Закарпаття став кінець XIX – перша половина XX століття. Високі темпи економічного розвитку даного регіону Європи в другій половині XIX століття зумовили необхідність розвитку транспортної інфраструктури для підвищення використання місцевих природних ресурсів, в першу чергу, це стосувалося деревообробної та лісохімічної промисловості. В ті часи територією Закарпаття пролягла ширококолійна залізниця за напрямком Дебрецен–Сигіт, яка підвищувала можливості вивезення промислової деревини та інших природних багатств в центральні та південні регіони Австро-Угорщини. Лісорозробки в даному регіоні здійснювалися, як правило, у віддалених гірських районах. Тому найбільш прийнятним видом сполучення для транспортування деревини з важкодоступних гірських місць були вузькоколійні залізниці.

Перша вузькоколійна залізниця на Закарпатті була відкрита у 1880 році для перевезення солі [54, 55]. На ті часи найбільш розповсюдженим видом тяги на залізничному транспорті у гірській місцевості був гужовий вид тяги. Пізніше, а саме на початку XX століття вузькоколійні залізниці Закарпатського регіону перейшли на парову тягу. Вузькоколійні залізниці прокладені в долинах основних річок регіону: Боржави, Ужа, Латориці, Ріки, Тиси, Тереблі. Як правило це були приватні залізниці, які використовувались в якості під'їзного транспорту — від приватних підприємств до залізниць загального призначення. Частина вузькоколійних залізниць була у відомчому використанні.

За часи свого існування вузькоколійні залізниці Закарпаття визнавали різні періоди, а саме, як розвитку, так і скорочення обсягів своєї діяльності. При цьому змінювалися не тільки користувачі, а й напрямки розвитку та ширина колії.

Після Другої Світової війни Закарпаття, що входило до складу України, прийняло в управління мережу вузькоколійних залізниць, які були реконструйовані з ширини колії 760 мм на 750 мм. Повний перехід вузькоколійних залізниць Закарпаття на ширину колії 750 мм закінчився в 1950 році. Після здобуття Україною незалежності у 1991 році і утворення Державної адміністрації залізничного транспорту України (Укрзалізниці), експлуатацією вузькоколійних залізниць Закарпаття здійснювала Львівська залізниця. Схеми основних вузькоколійних залізниць України наведено у Додатку А. Наразі управління діяльністю вузькоколійних залізниць здійснюється регіональними філіями АТ «Укрзалізниця».

1.1.4 Аналіз технічного стану рухомого складу та вузькоколійних залізниць

Для представлення інформації про технічний стан вузькоколійних залізниць у Львівській та Івано-Франківській областях, наведемо далі короткий аналіз залізниць, що перебувають на балансі Регіональної філії «Львівська залізниця». Загальна довжина головних колій — 87,9 км, дана відстань складається з ділянок колії Берегове – Іршава – Приборжавське (62,2 км), Виноградів – Хмільник (19,8 км), а також Іршава – Ільниця (5,9 км). Порядку 70% колій розташовано в кривих ділянках (радіуси переважно від 100 до 300 м з короткими перехідними кривими 20–40 м) [53-55].

Всього на ділянках вузькоколійних залізниць розташовано 275 штучних споруд, у т. ч. 75 мостів, 174 залізобетонні та кам’яні труби, 20 лотків. На балансі локомотивного депо Чоп (цех Берегове) знаходиться 9 тепловозів серії ТУ2, п’ять з яких підлягають списанню через незадовільний технічний стан.

Приписний парк вагонів становить 18 пасажирських і 142 вантажні вагони, більшість з яких потрібно відновити. Проведений за участю автора технічний аудит стану вантажних та пасажирських вагонів і тягового рухомого складу вузькоколійних залізниць свідчить про значний моральний та фізичний знос рухомого складу, який потребує суттєвого оновлення за рахунок створення удосконалених конструкцій вантажного та пасажирського рухомого складу з урахуванням особливостей експлуатації в гірських та рівнинних регіонах та з можливістю врахуванням перспективних умов експлуатації, інноваційних технічних рішень і сучасних машинобудівних технологій. Додаткову інформацію про технічний стан рухомого складу вузькоколійних залізниць наведено у Додатку Б.

Потужність верхньої будови повинна відповідати категорії та призначенням колій, а також умовам експлуатації. У той же час, у колії лежать рейки легкого типу, які потребують реконструкції та оновлення.

1.2 Обґрунтування використання вантажних вагонів на гірських залізницях

1.2.1 Проблема вузькоколійок

Нові підходи до ведення лісового господарства, зокрема збільшення частки автомобільного транспортування деревини, пік економічної кризи в 1994 році, що супроводжувався проблемами з постачанням паливно-мастильних матеріалів, стали першою групою причин, що призвели до закриття та ліквідації більшості вузькоколійних залізниць Закарпаття [53, 54]. До інших причин зниження обсягу перевезень на вузькоколійних залізницях можна віднести незбалансовану цінову політику Укрзалізниці, коли тарифи на перевезення вузькоколійною мережею прирівнювались до тарифів загальної

мережі – без врахування специфіки рухомого складу, можливостей вдосконалення штатного розкладу тощо.

Їх унікальність полягає в тому, що, з одного боку, не дивлячись на втрати за останні 40 років, ніде в Європі не зберіглося такої кількості активних вузькоколійних залізниць різного типу, які використовуються для перевезення пасажирів і вантажів.

Для подальшого розвитку вузькоколійних залізниць необхідно розвивати вантажні перевезення, тоді вузькоколійка може бути рентабельною. Також потрібно максимально співпрацювати з усіма зацікавленими партнерами для активізації окремих замовлених перевезень, наприклад, з паровозами (паротурбовозами) і як з ретро засобами, так і з екологічно чистими транспортними засобами. Але не потрібно забувати, що держава з кожного громадянина стягує немаленькі податки і несе відповідальність за зміст інфраструктури у всіх регіонах країни, особливо віддалених. І не важливо, йде мова про залізниці з широкою чи вузькою колією. Підтримка залізничного сполучення в цілому по країні і в віддалених регіонах зокрема є важливим елементом політики в сфері соціального захисту та охорони навколишнього середовища.

Незважаючи на труднощі, вузькоколійки і сьогодні повинні існувати – із сучасним рухомим складом, зручним розкладом руху і вантажними перевезеннями, наприклад, контейнерів.

Недоліками вузькоколійних залізниць є менший габарит і маса перевезених вантажів, менші швидкості руху. Однак найважливішим недоліком вузькоколійок є те, що вони не утворюють єдиної мережі. Відновлення й ефективне функціонування гірських залізниць колії 750 мм у Карпатському регіоні України не тільки реально доступне для реалізації (після виконання капітально-відновлювальних ремонтних робіт на першому етапі організації вантажних поїздів можуть бути використані існуючи тепловози ТУ2 при швидкості руху 15-40 км/год з урахуванням технічного стану рухомого складу та колійної інфраструктури), а ще й економічно необхідне для західних регіонів

України. Впровадження такого проекту надасть поштовх до розвитку в регіонах таких галузей, як машинобудування, будівництво, енергетика, а також прикордонного співробітництва з Польщею, Румунією, Словаччиною та Угорщиною. Вважається, що найбільш перспективним і доцільним на першому етапі є відпрацювання моделі вантажного парку в рамках концептуального проекту з організації залізничних перевезень вантажів на вузькоколійних залізницях у Карпатському регіоні України. В даній роботі автором запропоновані також інші шляхи удосконалення конструкцій рухомого складу вузькоколійних залізниць, що надасть можливість збільшення швидкості руху та підвищення економічної ефективності діяльності залізниць вузької колії при перевезенні не тільки вантажів, а й пасажирів.

1.2.2 Розвиток вантажних перевезень

Одним із напрямків інноваційного розвитку економіки України є розвиток лісової, деревообробної, целюлозно-паперової, лісохімічної і торф’яної промисловості.

Лісова промисловість – одна з найважливіших складових сучасного економічного потенціалу України (рис. 1.2). З незапам'ятних часів ліс був одним з найважливіших природних ресурсів. Деревину застосовують практично повсюдно – в будівництві, меблевій, паперовій промисловості, в сільському господарстві. Лісові простори, завдяки своїй простоті і розмаїтості, здавна були чи не основним природним скарбом деяких регіонів України [53-55].

а) б) в)

г) д) е)

Рисунок 1.2 – Лісова промисловість:

а) сосновий ліс; б) транспортування лісу в Івано-Франківській області;
в) збірні дерев'яні хати; г) Жадчивський картонно-паперовий комбінат;
д) у сучасному лісопильному цеху: е) платформа для перевезення лісу

Торф'яна промисловість – це одна з найдавніших галузей паливної промисловості (рис. 1.3).

а) б) в)

г) д)

е) ж)

Рисунок 1.3 – Торф'яна промисловість:

а) ДП «Волиньторф», торфозавод України; б) Термінал під завантаження піввагонів; в, г) доставка сировини на завод; д, е) паливні брикети;
ж) завантаження піввагонів торфобрикетом насипом

Основні родовища торфу зосереджені в Сумській, Чернігівській, Житомирській, Рівненській та Львівській областях. Видобуток його незначний. У вигляді брикетів і шматків торф використовують як паливо. У сільському господарстві його застосовують для виготовлення органічних добрив, торфоізоляційних плит. При цьому, значна частина сучасного експорту припадає на торф'яні брикети. Потенційним ринком, що може бути зайнятий вітчизняними виробниками, є виробництво парафіну, мастил, фенолів, креоліну.

1.2.3 Пропозиції та рекомендації

Розвиток гірських перевезень вимагає насамперед вдосконалення конструкцій вузькоколійного рухомого складу для створення певних умов вантажних перевезень.

Тому важливою є задача з розробки рухомого складу для перевезення довгомірних і сипких вантажів, а також для перевезення контейнерів. У зв'язку з цим проблемою, яка вирішується є розробка вагонів для перевезення в гірських районах контейнерів, деревини і торфу коліями 750 мм.

Також слід не забувати, що після затвердження Програми туристичних перевезень у Закарпатській області, першочерговим завданням буде розбудова відповідної інфраструктури, що, у свою чергу, призведе до необхідності вирішення проблемних питань щодо постачання у гірські райони будівельних матеріалів, залізобетонних конструкцій, вивезення сміття та інше. Тому розробка і виготовлення вузькоколійних вантажних вагонів є тим ланцюгом, який стане вирішальним для початку розвитку гірських залізничних перевезень на Закарпатті, а також сприятиме подальшому курсування територіями не тільки України, а й Польщі, Угорщини. Словаччини. Можливі варіанти розвитку вузькоколійних залізниць України наведено на рис.1.4. Більш детально схеми вузькоколійних залізниць України наведено у Додатку А.

Наразі розглядаються різні шляхи удосконалення мережі залізниць вузької колії за рахунок приватно-державного партнерства, організації концесій та передачі залізниць на баланс місцевих державних адміністрацій з подальшим спільним їх використанням із залученням іноземних інвестицій.

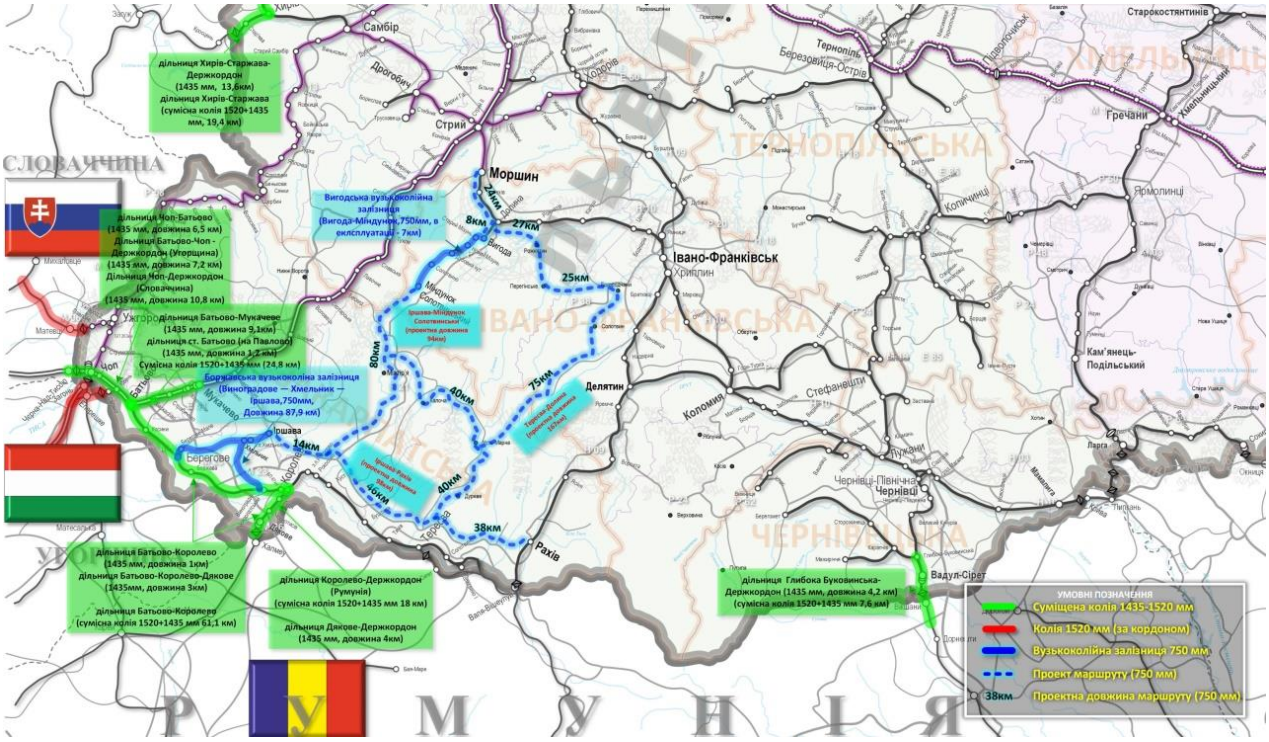


Рисунок 1.4 – Перспективний план розвитку інфраструктури гірських ділянок вузькоколійних залізниць України

За попередніми оцінками довжина мережі вузькоколійних залізниць в Україні та ближніх державах може сягати 3000 км. А з розвитком пасажирських і туристичних перевезень в доповнення до збільшення вантажних перевезень вони мають стати не тільки рентабельними, а й суттєво вплинути на розвиток регіональної економіки Заходу України.

1.3 Аналіз наукової і технічної літератури за напрямком дисертаційного дослідження

Вдосконалення конструкції рейкового рухомого складу присвячено багато праць вчених та конструкторів України, країн СНД та Європейського

Союзу, а також інших держав, де в наявності є залізничний транспорт або підприємства транспортного машинобудування. Автором також досліджувалися питання удосконалення конструкцій рейкового рухомого складу [1-39] та запропоновано свої технічні рішення для конструкцій вантажних та пасажирських вагонів і їх складових елементів у вигляді патентів на винаходи [40-50]. Далі розглянемо більш ретельно напрацювання різних наукових шкіл за напрямком даної дисертаційної роботи.

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 технології (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 (СУНУ), 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. Гедімінаса, Петербурзький державний університет шляхів сполучення, Всеросійський науково-дослідний інститут залізничного транспорту та інші [57-132].

До фундаментальних робіт, які покладено в основу досліджень руху залізничного рухомого складу рейковою колією відносяться роботи таких вчених як Петров Н. П., Жуковский М. Є., Марье Г., Вінокуров М. В., Вершинський С. В. та інші вчені [57-82]. Окремо слід звернути увагу на публікації видатних вчених Картера та Калкера, що стосуються визначенню сил просковзування між колесом та рейкою (псевдоковження) [67, 68], а також ряд наукових робіт, що стосується стійкості руху рейкових екіпажів [68-79]. До

базових наукових робіт, що стосується визначення різних типів коливань рейкових екіпажів відносяться роботи [81-83], серед яких робота Власова В. З. у співавторстві [81] присвячена опису пружної основи залізничної колії.

Наукова школа транспортної механіки, що включає в себе Інститут технічної механіки Національної академії наук та Дніпровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна, базує свої наукові дослідження в галузі удосконалення конструкцій рейкових екіпажів на наукових працях академіка В. Лазаряна та його учнів [84-132], що містять основні теоретичні засади для виконання досліджень динамічних якостей та стійкості руху рейкових екіпажів.

Суттєвий внесок в розвиток наукової теорії взаємодії рейкових екіпажів та колії внесла наукова школа СУНУ імені В. Даля та інших наукових шкіл [133-255]. Наукові публікації та патенти, що присвячені удосконаленню конструкцій рухомого складу та окремих його елементів присвячено багато публікацій, наприклад [203-255], більша частина з яких стосується вантажних вагонів та двовісних візків, а також литих деталей конструкції візків вантажних вагонів [212, 215-226, 228-231, 236, 237, 240, 242, 251-255].

В результаті патентних досліджень з аналізу технічних рішень, що стосуються удосконалення конструкцій залізничного рухомого складу та його елементів, визначено, що їх основна частина належить до поліпшення динамічних та міцнісних якостей рухомого складу колії 1520 та 1435 мм.

Ряд публікацій різних авторів стосується розвитку туристичних перевезень [256-289], в тому числі за допомогою вузькоколійних залізниць. Так у роботах [256-264, 268, 275-278, 283, 289] розглядається туристичний потенціал України та різні аспекти, що стосуються розвитку туристичної галузі, в тому числі маркетингові та інвестиційні напрямки досліджень. Розвитку залізничного туризму в Україні присвячено серію наукових публікацій за участю Бараша Ю. С., Гненного О. М. та Марценюк Л. В. [263, 264, 268, 283-286, 288]. Так, в роботах Марценюк Л. В. [263, 264, 268, 283-285, 288] розглядається не тільки перспективність розвитку туристичної галузі України, а

й особливе місце залізничного транспорту при здійсненні туристичних перевезень, а також визначаються оптимальні структури управління туристичними перевезеннями на залізничному транспорті і шляхи підвищення економічної ефективності туристичних перевезень, як звичайними залізницями, так і вузькоколійними залізницями. Пропонується різні організаційно-технологічні моделі створення та подальшого управління туристичним бізнесом з використанням вузькоколійних залізниць, а також застосування сучасного рухомого складу для забезпечення безпечних та комфортних умов перевезення туристів у спеціалізованих пасажирських поїздах. Професором Гненним О. М. [286] розкриваються аспекти щодо оцінки економічної ефективності інвестицій у розвиток туристичних перевезень саме залізничним транспортом, що дає можливість у подальшому застосовувати дані підходи при виконанні аналізу можливих інвестиційних проектів у будівництво інфраструктури вузькоколійних залізниць та оцінки ефективності інвестицій у рухомий склад для пасажирських та туристичних перевезень вузькоколійними залізницями.

В роботах професора Бараша Ю. С. із співавторами [284, 285] виконується порівняння туристичних перевезень за допомогою різних видів транспорту, а саме автомобільного та залізничного. Наголошується на переваги та недоліки кожного з видів транспорту та віддаєтеся більша перевага саме залізничному транспорту через його адаптованість до тривалих комфортних поїздок.

В роботі професора Кузнєцова В.Г. разом із співавторами [289] розглядаються можливі шляхи розвитку туризму України з використанням вузькоколійних залізниць Закарпаття.

Серед розглянутих публікацій, які стосуються удосконалення конструкції рухомого складу переважна кількість відноситься до напрямку удосконалення конструкцій рухомого складу звичайної ширини колії, але бракує публікацій з удосконалення конструкцій вантажних та пасажирських вагонів вузькоколійних залізниць.

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 вузькоколійних залізницях, хоча розвитку машинобудівних технологій та удосконаленню конструкцій рухомого складу широкої та європейської колії автори приділяють багато уваги. Це ще раз підкреслює актуальність обраного напрямку даного дисертаційного дослідження.

1.4 Перспективи розвитку залізничних перевезень на вузькоколійних залізницях

Інфраструктура залізниць вузької колії формувалася ще за часів розвитку промисловості в гірських регіонах України, коли необхідно було забезпечити вивезення лісу і корисних копалин до місць переробки або перевантаження на інші види транспорту. Це відбилося на географії розміщення вузькоколійних залізниць. Як правило, вони мають розрізнену структуру і не з'єднані в єдину мережу. Але з розвитком економіки на рівні регіонів і в державі в цілому необхідно буде не тільки відновити наявні ділянки вузькоколійних залізниць, а й передбачити об'єднання їх в єдину мережу з можливістю виходу на кордон з прилеглими державами, що мають у своєму розпорядженні аналогічні залізниці. Це дозволить істотно підвищити економічну ефективність використання інфраструктури вузькоколійних залізниць як у внутрішньодержавному, так і в міжнародному сполученні. При цьому розвиток інфраструктури нерозривно пов'язаний з вдосконаленням конструкцій рухомого складу для використання на залізницях вузької колії.

Моніторинг технічного стану рухомого складу вузької колії, який знаходиться у розпорядженні залізниць України, виконаний у рамках наукових досліджень за участю автора, свідчить про істотність морального і фізичного

зносу вузькоколійних локомотивів і вагонів. Як правило, термін служби даного рухомого складу значно перевищує термін служби, встановлений заводом виробником, і вимагає глибокої модернізації або оновлення. У Додатку Б наводяться дані про технічний стан рухомого складу на різних ділянках вузькоколійних залізниць. Але загальний технічний аудит стану рухомого складу вузькоколійних залізниць свідчить про їх суттєвий моральний та фізичний знос, він також підтверджує необхідність оновлення конструкцій пасажирських та вантажних вагонів вузької колії з використанням інноваційних технологій.

1.5 Висновки до розділу 1

1. В результаті дослідження інфраструктури та перспектив розвитку вузькоколійних залізниць Східної та Центральної Європи отримано висновок щодо необхідності та можливості створення єдиної мережі залізниць з вузькою колією, а також визначено їх важливу роль у економічному розвитку гірських регіонів. При цьому перспективи розвитку визначено як для вантажних, так і для пасажирських перевезень вузькоколійними залізницями. В свою чергу, в сегменті пасажирських перевезень поряд із міжміськими та приміськими перевезеннями, набуває актуальності розвиток туристичних перевезень, що також потребує удосконалення конструкцій рухомого складу вузькоколійних залізниць із створенням безпечних та комфортних умов для пасажирів.

2. Автором розглянуто існуючі вузькоколійні залізниці та запропоновано перспективні варіанти розвитку мережі залізниць з шириною колії 750 мм для забезпечення перевезень вантажів і пасажирів як у гірських, так і рівнинних регіонах України.

3. Виконаний в роботі аналіз наукової та технічної літератури за напрямком дослідження свідчить про недостатність уваги конструкторів та дослідників тематиці удосконалення конструкцій рухомого складу вузькоколійних залізниць і підтверджує актуальність обраного напрямку

дисертаційного дослідження. Здійснено огляд наукових публікацій основних наукових шкіл за напрямком удосконалення рухомого складу залізниць та проведення теоретичних і експериментальних досліджень динамічної навантаженості вантажних та пасажирських вагонів. Також розглянуто наукові публікації з розвитку та економічних аспектів туристичних перевезень, в тому числі з використанням залізничного транспорту і рухомого складу вузькоколійних залізниць.

4. Проведений за участю автора технічний аудит стану вантажних та пасажирських вагонів і тягового рухомого складу вітчизняних вузькоколійних залізниць свідчить про значний моральний та фізичний знос рухомого складу. Тому парк вантажних та пасажирських вагонів для залізниць вузької колії потребує суттєвого оновлення за рахунок створення удосконалених конструкцій вантажного та пасажирського рухомого складу з урахуванням особливостей експлуатації в гірських та рівнинних регіонах, а також з можливістю врахування перспективних умов експлуатації, використання інноваційних технічних рішень і сучасних машинобудівних технологій.

РОЗДІЛ 2
РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ЯКОСТЕЙ РУХОМОГО СКЛАДУ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЦЬ ВУЗЬКОЇ КОЛІЇ

2.1 Розробка математичної моделі просторових коливань пасажирського вагону вузької колії

Одним з відповідальних етапів створення нових конструкцій залізничних екіпажів є теоретичні дослідження з оцінки їх динамічних і міцнісних якостей. З цією метою, як правило, застосовуються інженерні розрахунки і математичні моделі, які описують основні фізичні процеси, що відбуваються в конструкції створюваних рейкових екіпажів. Для оцінки динамічних характеристик сучасних конструкцій чотиривісних рейкових екіпажів необхідно враховувати властивості міжелементних зв'язків, які багато в чому визначають динамічну навантаженість окремих вузлів і екіпажу в цілому. Тому розробка математичної моделі просторових коливань чотиривісного рейкового екіпажу з урахуванням особливостей зв'язків між його елементами є актуальною науково-прикладною задачею для залізничного транспорту.

Питанням моделювання динаміки рейкових екіпажів свої дослідження присвячували вітчизняні та іноземні дослідники та інженери, до яких можна віднести наступних вчених, а саме: академік Лазарян В. А., професора Блохін Є. П., Данович В. Д., Манашкін Л. А., Коротенко Л. М., Савчук О.М., Богомаз Г. І., Ушкалов В. Ф., Редько С. Ф., Дьомін Ю. В., Мямлін С. В., Голубенко О. Л., Осенін Ю. І., Ткаченко В. П., Горбунов М. І., Маслієв В. Г., Мартинов І. Е., Челноков І. І., Бороненко Ю. П., Третьяков О. В., Орлова О. М., Вершинський С. В., Грачова Л. О., Анісімов П. С., Фомін О. В., Бейгул О. О., Кара С. В., Кобищанов В. В., Скалозуб В. В., Горобець В. Л., Бубнов В. М., Сапронова С. Ю. та інші видатні вчені [51-255]. Всі вони представляють різні наукові школи, які

розглядали і продовжують розглядати рейкові екіпажі у вигляді математичних моделей просторових коливань з подальшим моделюванням на обчислювальній техніці. До базових теоретичних робіт по динаміці рейкових екіпажів слід віднести роботи Жуковського М. Є., Винокурова М. В. [61]. Але вчені та дослідники в основному приділяють увагу моделюванню динаміки залізничного рухомого складу лише для ширини колії 1520 або 1435 мм, майже зовсім не приділяючи уваги дослідженням рухомого складу вузькоколійних залізниць, як це зазначено у розділі 1.

Автором раніше розглядалися питання моделювання динаміки рейкових екіпажів в частині програмного забезпечення 3D моделювання [1, 9], а також в частині опису особливостей конструкцій залізничних екіпажів [8, 10, 13-18, 20], що є основою для формування безпосередньо математичних моделей і опису міжелементних зв'язків, в тому числі і вагонів вузької колії [23, 28, 29, 34, 36].

Дослідження динамічних показників залізничних екіпажів пов'язано з розглядом механічних систем з багатьма ступенями свободи [1, 84, 85, 98, 99, 109, 119, 120-124]. Достовірність отриманих результатів визначається, перш за все, правильністю вибору розрахункової схеми розглянутого екіпажу. Тому обрана розрахункова схема розглянутого вагона повинна бути побудована таким чином, щоб якомога повніше врахувати конструктивні особливості і характеристики з'єднань несучих елементів вагонів.

При виборі розрахункової схеми пасажирського вагона, що розглядається, прийняті наступні допущення:

- екіпаж є механічною системою, що складається з дев'яти твердих тіл: кузов, дві надресорні балки, дві рами візків і чотири колісні пари;

- зв'язок між кузовом і надресорною балкою в п'ятниковій опорі фрикційний при взаємних поворотах тіл навколо вертикальної осі;

- надресорна балка пов'язана з рамою візка комплектами пружних елементів центрального підвішування, які працюють в трьох напрямках (вертикальному, горизонтальному поперечному і поздовжньому) і допускають взаємні поступальні переміщення цих тіл;

- зв'язок між рамою візка і колісною парою забезпечується комплектами пружин буксового підвішування, які допускають взаємні переміщення цих тіл у всіх напрямках;

- ковзуни, встановлені на рамі візка, протидіють бічний хитавиці кузова вагона;

- профіль поверхні кочення коліс – нелінійний.

Нижче наводиться висновок рівнянь просторового руху пасажирського вагона на візках, призначених для руху по вузькій рейковій колії (750 мм). За конструкцією такий візок відноситься до візків з подвійним ресорним підвішуванням – буксовими і центральним. Навантаження від кузова вагона передається на п'ятникову опору і на раму візка через надресорну балку, яка спирається на пружини центрального підвішування, встановлені в так званій люльці. Буксове підвішування складається з пружин і гасителів коливань.

При описі руху пасажирського вагона ділянками колії довільного обрису в плані виберемо нерухому систему координат $\tilde{O}\xi\eta\zeta$, а для кожного твердого тіла – по дві рухливі системи координат: природну $Oxyz$ і пов'язану з твердим тілом $Cx'y'z'$ ($Cx', Cy'7, Cz'$ – головні центральні осі інерції). Всі системи координат приймемо правими, причому будемо вважати, що осі $\tilde{O}\xi$, Ox, Cx' спрямовані зліва направо, а осі $\tilde{O}\zeta$, Oz, Cz' – вниз (рис. 2.1) [1].

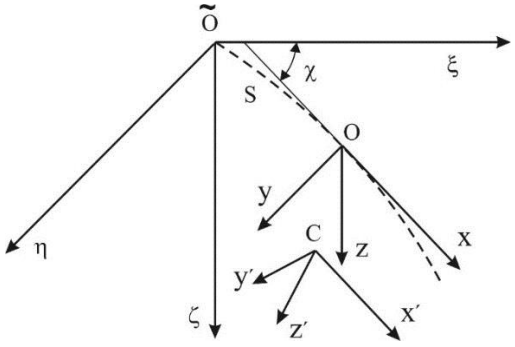


Рисунок 2.1 – Системи координат при описі руху пасажирського вагона, що розглядається, ділянками колії довільного обрису

Осі природної системи координат направлені відповідно по дотичній, нормалі та бінормалі до осі колії. Початок координат O для кожного твердого

тіла знаходиться на відстані S від його положення в початковий момент часу (тут S – пройдений шлях). Положення природної системи координат відносно нерухомої характеризується дуговою координатою уздовж осі шляху S, кутом χ між осями Ox і $\widetilde{O}\xi$ в плані, а також кутами φ_h і θ_h між цими осями в вертикальних площинах, які визначаються підвищенням зовнішньої рейки h_r. Параметри рейки χ, h_r – задані функції координати S, для кругової кривої $\dot{\chi}$ і h – постійні, для прямої – дорівнюють нулю.

Розрахункову схему чотиривісного пасажирського вагону представлено на рис. 2.2, де 1 – кузов, 2 – надресорна балка, 3 – рама візка, 4 – колісна пара.

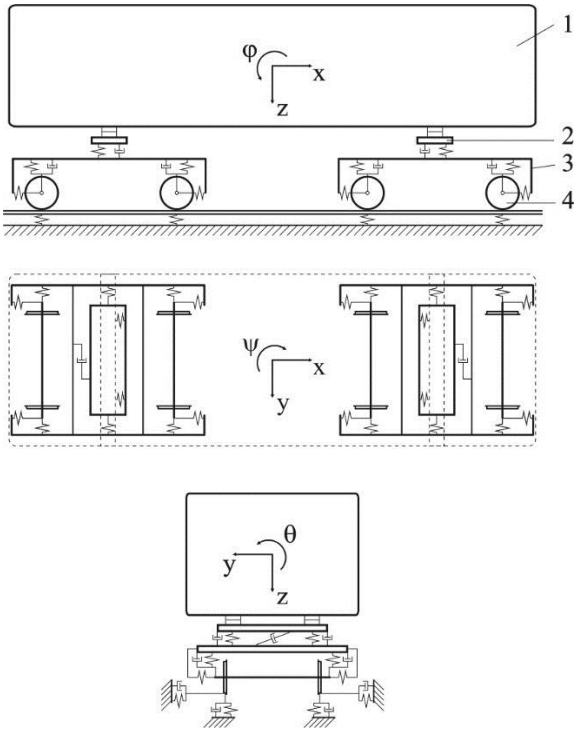


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема пасажирського вагону

Положення твердого тіла щодо природної системи координат описується величинами $x, y, z, \psi, \varphi, \theta$. Поступальні переміщення x, y, z і кути повороту ψ, φ, θ описують відповідно сіпання, бічний відніс, підстрибування і виляння, галопування, бічну качку твердого тіла.

Вагон розглядається як система твердих тіл, з'єднаних жорсткими, пружними і дисипативними елементами. Розрахункова схема вагона, що рухається по пружно-інерційному шляху, представлена 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 наведеної 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 підрейкових основ. Поздовжні і кутові переміщення колії такою моделлю не враховуються.

При позначенні координат твердих тіл системи введені наступні індекси: кузов – c, надресорні балки – $нi$ ($i=1,2$), рама – pi ($i=1,2$), колісна пара – i ($i=\overline{1,4}$ – номер колісної пари по ходу руху екіпажу), колесо – ij (j = 1 – ліва сторона вагона, j = 2 – права), рейка в точках контакту – rij.

При визначенні числа ступенів свободи розглянутої механічної системи прийняті до уваги обмеження, накладені на переміщення тіл в силу загальноприйнятих припущень і конструктивних особливостей ходових частин вагона.

Вертикальні переміщення і бічна хитавиця колісних пар виражаються через вертикальні переміщення коліс:

$$\begin{aligned} z_1 &= \frac{z_{11}+z_{12}}{2}; & \theta_1 &= \frac{z_{12}-z_{11}}{2d_1};\\ z_2 &= \frac{z_{21}+z_{22}}{2}; & \theta_2 &= \frac{z_{22}-z_{21}}{2d_1};\\ z_3 &= \frac{z_{31}+z_{32}}{2}; & \theta_3 &= \frac{z_{32}-z_{31}}{2d_1};\\ z_4 &= \frac{z_{41}+z_{42}}{2}; & \theta_4 &= \frac{z_{42}-z_{41}}{2d_1}; \end{aligned} \qquad (2.1)$$

де z_{ij} – вертикальне переміщення j-го колеса i-ої колісної пари;

$2d_1$ – відстань між середніми колами катання колісної пари.

Надресорні балки у всіх поступальних напрямках і при обертанні навколо поперечної осі (галопування) рухаються спільно з кузовом піввагона

$$
\begin{aligned}
&x_{н1} = x_{н2} = x_c;\\
&y_{н1} = y_c + l\psi_c - h\theta_c;\\
&y_{н2} = y_c - l\psi_c - h\theta_c;\\
&z_{н1} = z_c - l\varphi_{p1};\\
&z_{н2} = z_c + l\varphi_{p1};\\
&\varphi_{н1} = \varphi_{н2} = \varphi_c,
\end{aligned}
\qquad (2.2)
$$

де $2l$ – база вагона,

h – висота центру мас кузова над площиною спирання на пружини центрального підвішування.

Передбачається, що конічні бандажі всіх коліс обточені однаково. Тоді при збігу поздовжніх площин симетрії колії і вагона радіуси r кругів катання всіх коліс рівні між собою і при переміщенні вагона уздовж осі колії всі колеса повернуться на один і той же кут:

$$\varphi_i = -\frac{x_i + s}{r},\ (i = \overline{1,4}), \qquad (2.3)$$

де s – поточне значення пройденого шляху.

Враховуючи зв'язки (3.1) – (3.3), отримуємо, що число ступенів свободи даної системи дорівнює 6×9 + 2×8–12 = 50.

Узагальнені координати, що описують конфігурацію розглянутої механічної системи, обрані таким чином:

$$
\begin{aligned}
&q_1 = y_c; \quad q_2 = y_{p1}; \quad q_3 = y_{p2}; \quad q_4 = y_1; \quad q_5 = y_2;\\
&q_6 = y_3; \quad q_7 = y_4; \quad q_8 = \psi_c; \quad q_9 = \psi_{н1}; \quad q_{10} = \psi_{н2};\\
&q_{11} = \psi_{p1}; \quad q_{12} = \psi_{p2}; \quad q_{13} = \psi_1; \quad q_{14} = \psi_2; \quad q_{15} = \psi_3;\\
&q_{16} = \psi_4; \quad q_{17} = \theta_c; \quad q_{18} = \theta_{н1}; \quad q_{19} = \theta_{н2}; \quad q_{20} = \theta_{p1};\\
&q_{21} = \theta_{p2}; \quad q_{22} = z_c; \quad q_{23} = z_{p1}; \quad q_{24} = z_{p2}; \quad q_{25} = \varphi_c;\\
&q_{26} = \varphi_{p1}; \quad q_{27} = \varphi_{p2}; \quad q_{28} = x_c; \quad q_{29} = x_{p_1}; \quad q_{30} = x_{p_2};\\
&q_{31} = x_1; \quad q_{32} = x_2; \quad q_{33} = x_3; \quad q_{34} = x_4;\\
&q_{35} = y_{r11}; \quad q_{36} = y_{r12}; \quad q_{37} = y_{r21}; \quad q_{38} = y_{r22}; \quad q_{39} = y_{r31};\\
&q_{40} = y_{r32}; \quad q_{41} = y_{r41}; \quad q_{42} = y_{r42}; \quad q_{43} = z_{r11}; \quad q_{44} = z_{r12};\\
&q_{45} = z_{r21}; \quad q_{46} = z_{r22}; \quad q_{47} = z_{r31}; \quad q_{48} = z_{r32}; \quad q_{49} = z_{r41};\\
&q_{50} = z_{r42}.
\end{aligned}
\qquad (2.4)
$$

Диференціальні рівняння руху вагона колією довільного обрису отримані в формі рівнянь Лагранжа другого роду [1, 86, 101, 107, 108, 112, 129-134]:

$$\frac{d}{dt}(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i}) - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial П}{\partial q_i} + \frac{\partial Ф}{\partial \dot{q}_i} = Q_i^* + S_i^*, \quad (i = 1,...,50), \tag{2.5}$$

де $q_i, \dot{q}_i$ – узагальнені координати і їх швидкості;

T – кінетична енергія;

$П$ – потенційна енергія;

$Ф$ – функція розсіювання;

Q_i^* – узагальнені сили, які не мають потенціалу;

S_i^* – прикладені зовнішні сили.

Кінетичну енергію поїзда визначимо, як суму кінетичних енергій всіх твердих тіл, що входять в систему:

$$T = T_c + T_b + T_f + T_w + T_t,$$

де T_c, T_b, T_f, T_w, T_t – кінетичні енергії відповідно кузова вагона, надресорних балок, рам візків, колісних пар та колії.

Для кожного з твердих тіл кінетична енергія визначається за теоремою Кеніга. У загальному випадку вираз кінетичної енергії для j-го твердого тіла записується в наступному вигляді:

$$\begin{aligned} T_j = {} & \frac{1}{2} m_j \left[(\dot{s} + \dot{x}_j - y_j \dot{\chi}_j)^2 + (\dot{y}_j + x_j \dot{\chi}_j)^2 + (\dot{z}_j - \dot{h}_{rj})^2 \right] + \\ & \frac{1}{2} I_{xj} (\dot{\theta}_j + \dot{\theta}_{hj})^2 + \frac{1}{2} I_{zj} (\dot{\psi}_j + \dot{\chi}_j)^2 + \frac{1}{2} I_{yj} (\dot{\varphi}_j + \dot{\varphi}_{hj})^2, \end{aligned} \tag{2.6}$$

де m_j – маса j-го твердого тіла;

I_j – з відповідними індексами позначають головні центральні моменти інерції j-го тіла;

$\dot{\chi}_j = vK_j$, K_j – кривизна колії під j-им тілом;

v – швидкість руху;

h_{rj} – підвищення колії під центром мас j-го тіла, викликане підвищенням у кривій зовнішньої рейки на величину $h_r = \theta_h 2d_1$.

Кінетична енергія системи, що моделює колію, відповідно до прийнятих допущень записується в такий спосіб:

$$T_t = \frac{1}{2} m_{rh} \sum_{i=1}^{6} \sum_{j=1}^{2} \dot{y}_{rij}^2 + \frac{1}{2} m_{rv} \sum_{i=1}^{6} \sum_{j=1}^{2} \dot{z}_{rij}^2 , \tag{2.7}$$

де m_{rh}, m_{rv} – маси колії, приведені до одного колеса в горизонтальному поперечному і вертикальному напрямках.

Потенційна енергія системи $П$ визначається як сума енергії пружних деформацій $П_1$ і змін енергії $П_2$ внаслідок підйому або опускання центрів мас тіл, що входять в систему.

Потенційна енергія $П_1$ деформацій пружних елементів визначається за теоремою Клапейрона наступним чином:

$$\begin{aligned} П_1 = {} & \frac{1}{2}\left[k_{цz} \sum_{i=1}^{4} \Delta_{цzi}^2 + k_{цy} \sum_{i=1}^{4} \Delta_{цyi}^2 + k_{цx} \sum_{i=1}^{4} \Delta_{цxi}^2 \right] + \\ & + \frac{1}{2}\left[k_{бz} \sum_{i=1}^{4} \sum_{j=1}^{2} \Delta_{бzij}^2 + k_{бy} \sum_{i=1}^{4} \sum_{j=1}^{2} \Delta_{byij}^2 + k_{бx} \sum_{i=1}^{4} \sum_{j=1}^{2} \Delta_{бxij}^2 \right] + \\ & + \frac{1}{2} k_\theta \sum_{i=1}^{2} \Delta_{\theta i}^2 + \frac{1}{2}\left[k_{rz} \sum_{i=1}^{4} \sum_{j=1}^{2} \Delta_{rzij}^2 + k_{ry} \sum_{i=1}^{4} \sum_{j=1}^{2} \Delta_{ryij}^2 \right], \end{aligned} \tag{2.8}$$

де $k_{цz}, k_{цy}, k_{цx}$ - вертикальна, горизонтальна (в поперечному напрямку) і поздовжня жорсткості пружного елемента центрального підвішування;

$\Delta_{цzi}, \Delta_{цyi}, \Delta_{цxi}$ - вертикальний, горизонтальний поперечний і поздовжній прогини i-го пружного елемента центрального підвішування;

$k_{бz}, k_{бy}, k_{бx}$ - жорсткості пружин буксового підвішування в вертикальному, горизонтальному поперечному і поздовжньому напрямках;

$\Delta_{бzij}, \Delta_{byij}, \Delta_{бxij}$ - деформації пружин буксового підвішування в вертикальному, горизонтальному поперечному і поздовжньому напрямках;

k_θ - жорсткість ковзунів;

$\Delta_{\theta i}$ - відносні кутові переміщення при бічній хитавиці кузова вагона і рами i-ого візка;

k_{rz}, k_{ry} - вертикальна і горизонтальна поперечна жорсткості рейкової колії;

$\Delta_{rzij}, \Delta_{ryij}$ - вертикальний і горизонтальний поперечний прогини шляху під j-им колесом i-ої колісної пари.

Взаємні переміщення тіл, що викликають деформації пружних елементів, визначаються наступним чином:

1) вертикальні прогини пружних елементів центрального підвішування:

$$\Delta_{цz1} = z_{н1} - b\theta_{н1} - z_{р1} + b\theta_{р1} = q_{22} - lq_{25} - bq_{18} - q_{23} + bq_{20};$$

$$\Delta_{цz2} = z_{н1} + b\theta_{н1} - z_{р1} - b\theta_{р1} = q_{22} - lq_{25} + bq_{18} - q_{23} - bq_{20};$$

$$\Delta_{цz3} = z_{н2} - b\theta_{н2} - z_{р2} + b\theta_{р2} = q_{22} + lq_{25} - bq_{19} - q_{24} + bq_{21}; \qquad (2.9)$$

$$\Delta_{цz4} = z_{н2} + b\theta_{н2} - z_{р2} - b\theta_{р2} = q_{22} + lq_{25} + bq_{19} - q_{24} - bq_{21},$$

де $2l$ – база вагона;

$2b$ – відстань між пружними елементами центрального підвішування в поперечному напрямку.

2) горизонтальні поперечні прогини пружних елементів центрального підвішування:

$$\Delta_{цy1} = \Delta_{цy2} = y_{н1} - y_{р1} - u_1 = q_1 + lq_8 - hq_{17} - q_2 - u_1;$$

$$\Delta_{цy3} = \Delta_{цy4} = y_{н2} - y_{р2} - u_1 = q_1 - lq_8 - hq_{17} - q_3 - u_1, \qquad (2.10)$$

де h – висота центру мас кузова над площиною спирання на пружні елементи центрального підвішування.

$u_1 \approx \frac{1}{2} l^2 K_k$ – стріла дуги криволінійної (в плані) колії в межах відстані $2l$ (K_k – кривизна колії під центром мас кузова);

3) поздовжні прогини пружних елементів центрального підвішування:

$$\Delta_{цx1} = x_{н1} - x_{р1} + b\psi_{н1} - b\psi_{р1} = q_{28} - q_{29} + bq_9 - bq_{11};$$

$$\Delta_{цx2} = x_{н1} - x_{р1} - b\psi_{н1} + b\psi_{р1} = q_{28} - q_{29} - bq_9 + bq_{11}; \qquad (2.11)$$

$$\Delta_{цх3} = x_{н2} - x_{р2} + b\psi_{н2} - b\psi_{р2} = q_{28} - q_{30} + bq_{10} - bq_{12};$$

$$\Delta_{цх4} = x_{н2} - x_{р2} - b\psi_{н2} + b\psi_{р2} = q_{28} - q_{30} - bq_{10} - bq_{12};$$

4) вертикальні прогини пружин буксового підвішування:

$$\Delta_{бz11} = z_{р1} - a\varphi_{р1} - b^{\bullet}(\theta_{р1} + \theta_{hр1}) - z_1 + b^{\bullet}(\theta_1 + \theta_{h1}) =$$

$$= q_{23} - aq_{26} - b^{\bullet}(q_{20} + \theta_{hр1}) - \frac{q_{43} + q_{44}}{2} + b^{\bullet}(\frac{q_{44} - q_{43}}{2d_1} + \theta_{h1});$$

$$\Delta_{бz12} = z_{р1} - a\varphi_{р1} + b^{\bullet}(\theta_{р1} + \theta_{hр1}) - z_1 - b^{\bullet}(\theta_1 + \theta_{h1}) =$$

$$= q_{23} - aq_{26} + b^{\bullet}(q_{20} + \theta_{hр1}) - \frac{q_{43} + q_{44}}{2} - b^{\bullet}(\frac{q_{44} - q_{43}}{2d_1} + \theta_{h1});$$

$$\Delta_{бz21} = z_{р1} + a\varphi_{р1} - b^{\bullet}(\theta_{р1} + \theta_{hр1}) - z_2 + b^{\bullet}(\theta_2 + \theta_{h2}) =$$

$$= q_{23} + aq_{26} - b^{\bullet}(q_{20} + \theta_{hр1}) - \frac{q_{45} + q_{46}}{2} + b^{\bullet}(\frac{q_{46} - q_{45}}{2d_1} + \theta_{h2});$$

$$\Delta_{бz22} = z_{р1} + a\varphi_{р1} + b^{\bullet}(\theta_{р1} + \theta_{hр1}) - z_2 - b^{\bullet}(\theta_2 + \theta_{h2}) =$$

$$= q_{23} + aq_{26} + b^{\bullet}(q_{20} + \theta_{hр1}) - \frac{q_{45} + q_{46}}{2} - b^{\bullet}(\frac{q_{46} - q_{45}}{2d_1} + \theta_{h2}); \qquad (2.12)$$

$$\Delta_{бz31} = z_{р2} - a\varphi_{р2} - b^{\bullet}(\theta_{р2} + \theta_{hр2}) - z_3 + b^{\bullet}(\theta_3 + \theta_{h3}) =$$

$$= q_{24} - aq_{27} - b^{\bullet}(q_{21} + \theta_{hр2}) - \frac{q_{47} + q_{48}}{2} + b^{\bullet}(\frac{q_{48} - q_{47}}{2d_1} + \theta_{h3});$$

$$\Delta_{бz32} = z_{р2} - a\varphi_{р2} + b^{\bullet}(\theta_{р2} + \theta_{hр2}) - z_3 - b^{\bullet}(\theta_3 + \theta_{h3}) =$$

$$= q_{24} - aq_{27} + b^{\bullet}(q_{21} + \theta_{hр2}) - \frac{q_{47} + q_{48}}{2} - b^{\bullet}(\frac{q_{48} - q_{47}}{2d_1} + \theta_{h3});$$

$$\Delta_{бz41} = z_{р2} + a\varphi_{р2} - b^{\bullet}(\theta_{р2} + \theta_{hр2}) - z_4 + b^{\bullet}(\theta_4 + \theta_{h4}) =$$

$$= q_{24} + aq_{27} - b^{\bullet}(q_{21} + \theta_{hр2}) - \frac{q_{49} + q_{50}}{2} + b^{\bullet}(\frac{q_{50} - q_{49}}{2d_1} + \theta_{h4});$$

$$\Delta_{бz42} = z_{р2} + a\varphi_{р2} + b^{\bullet}(\theta_{р2} + \theta_{hр2}) - z_4 - b^{\bullet}(\theta_4 + \theta_{h4}) =$$

$$= q_{24} + aq_{27} + b^{\bullet}(q_{21} + \theta_{hр2}) - \frac{q_{49} + q_{50}}{2} - b^{\bullet}(\frac{q_{50} - q_{49}}{2d_1} + \theta_{h4}),$$

де $2a$ – база візка;

$2b^{\bullet}$ – відстань між пружинами буксового підвішування в поперечному напрямку.

5) горизонтальні прогини пружин буксового підвішування:

$$\Delta_{бy11} = \Delta_{бy12} = y_{р1} + a\psi_{р1} - y_1 - u_2 = q_2 + aq_{11} - q_4 - u_2;$$

$$\Delta_{бy21} = \Delta_{бy22} = y_{р1} - a\psi_{р1} - y_2 - u_2 = q_2 - aq_{11} - q_5 - u_2;$$

$$\Delta_{бу31} = \Delta_{бу32} = y_{p2} + a\psi_{p2} - y_3 - u_3 = q_3 + aq_{12} - q_6 - u_3; \quad (2.13)$$
$$\Delta_{бу41} = \Delta_{бу42} = y_{p2} - a\psi_{p2} - y_4 - u_3 = q_3 - aq_{12} - q_7 - u_3,$$

де u_2, u_3 – стріли дуг криволінійної колії в межах баз першого і другого візків.

6) поздовжні прогини пружин буксового підвішування:

$$\Delta_{бx11} = x_{p1} - x_1 + b^*(\psi_{p1} - \psi_1) - aK_{p1} = q_{29} - q_{31} + b^*(q_{11} - q_{13}) - aK_{p1};$$

$$\Delta_{бx12} = x_{p1} - x_1 - b^*(\psi_{p1} - \psi_1) + aK_{p1} = q_{29} - q_{31} - b^*(q_{11} - q_{13}) + aK_{p1};$$

$$\Delta_{бx21} = x_{p1} - x_2 + b^*(\psi_{p1} - \psi_2) - aK_{p1} = q_{29} - q_{32} + b^*(q_{11} - q_{14}) - aK_{p1};$$

$$\Delta_{бx22} = x_{p1} - x_2 - b^*(\psi_{p1} - \psi_2) + aK_{p1} = q_{29} - q_{32} - b^*(q_{11} - q_{14}) + aK_{p1}; \quad (2.14)$$

$$\Delta_{бx31} = x_{p2} - x_3 + b^*(\psi_{p2} - \psi_3) - aK_{p2} = q_{30} - q_{33} + b^*(q_{12} - q_{15}) - aK_{p2};$$

$$\Delta_{бx32} = x_{p2} - x_3 - b^*(\psi_{p2} - \psi_3) + aK_{p2} = q_{30} - q_{33} - b^*(q_{12} - q_{15}) + aK_{p2};$$

$$\Delta_{бx41} = x_{p2} - x_4 + b^*(\psi_{p2} - \psi_4) - aK_{p2} = q_{30} - q_{34} + b^*(q_{12} - q_{16}) - aK_{p2};$$

$$\Delta_{бx42} = x_{p2} - x_4 - b^*(\psi_{p2} - \psi_4) + aK_{p2} = q_{30} - q_{34} - b^*(q_{12} - q_{16}) + aK_{p2},$$

де $K_{p1,}\ K_{p2}$ – кривизна колії під центром мас рами відповідно першого та другого візків.

7) прогини колії:

$$\Delta_{rzij} = z_{rij} = q_l,\ (i = \overline{1,4}\ j = 1,2\ l = \overline{43,50});$$
$$\Delta_{ryij} = y_{rij} = q_l,\ (i = \overline{1,4}\ j = 1,2\ l = \overline{35,42}). \quad (2.15)$$

Потенційна енергія $П_2$, обумовлена зміною положення центра ваги j-го твердого тіла, з урахуванням криволінійного руху визначається наступним чином:

$$П_2 = -\sum_{j=1}^{9} m_i g(\theta_{hj} y_j + z_j), \quad (2.16)$$

де g – прискорення вільного падіння;

θ_{hj} – кут між горизонтальною площиною під центром мас j-го тіла і площиною колії, викликаний підвищенням зовнішньої рейки над внутрішнім.

При побудові математичної моделі коливань розглянутого вагона в загальному випадку будемо враховувати наявність демпферів в'язкого і сухого тертя в обох ступенях підвішування. Крім того, будемо враховувати дію сил сухого тертя в п’ятниковій опорі (при взаємних поворотах кузова і надресорної балки в плані) і сил в'язкого тертя при вертикальних і горизонтальних прогибах колії. При проведенні розрахунків буде враховуватися реальна конструкція розглянутого вагона.

Дисипативна функція в загальному випадку для даної системи має вигляд:

$$\begin{aligned}\Phi = &\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{4}(\beta_{цz}\dot{\Delta}^2_{цzi} + \beta_{цy}\dot{\Delta}^2_{цyi} + \beta_{цxi}\dot{\Delta}^2_{цxi}) + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{2}(\beta_{бz}\dot{\Delta}^2_{бzij} + \beta_{бy}\dot{\Delta}^2_{byij} + \beta_{бx}\dot{\Delta}^2_{бxij}) + \\ &+ \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{6}\sum_{j=1}^{2}(\beta_{rz}\dot{\Delta}^2_{rzij} + \beta_{ry}\dot{\Delta}^2_{ryij}) + \sum_{i=1}^{4}(F_{цz}\left|\dot{\Delta}_{бzi}\right| + F_{цy}\left|\dot{\Delta}_{byi}\right| + F_{цx}\left|\dot{\Delta}_{бxi}\right|) + \\ &\sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{2}(F_{бz}\left|\dot{\Delta}_{бzij}\right| + F_{бy}\left|\dot{\Delta}_{byij}\right| + F_{бx}\left|\dot{\Delta}_{бxij}\right|) + W_{\psi}\sum_{i=1}^{2}\left|\dot{\Delta}_{\psi i}\right|,\end{aligned} \tag{2.17}$$

де $\beta_{цz}, \beta_{цy}, \beta_{цyx}$ - коефіцієнти в'язкого тертя в центральному підвішуванні;

$\beta_{бz}, \beta_{бy}, \beta_{бx}$ - коефіцієнти в'язкого тертя в буксовому підвішуванні;

β_{rz}, β_{ry} - коефіцієнти розсіювання енергії в колії у вертикальному і горизонтальному поперечному напрямках;

$F_{цz,}\ F_{цy,}\ F_{цx,}$ - амплітудні значення сил сухого тертя в демпферах сухого тертя, встановлених в центральному підвішуванні;

$F_{бz,}\ F_{бy,}\ F_{бx,}$ - амплітудні значення сил сухого тертя в демпферах сухого тертя, встановлених в буксовому підвішуванні;

W_{ψ} - момент сил сухого тертя, що діє в горизонтальній площині при взаємних поворотах кузова і надресорної балки в п'ятниковому вузлі;

$\dot{\Delta}_{цzi}, \dot{\Delta}_{цyi,}\dot{\Delta}_{цxi,}$ - відносні швидкості переміщення кузова та i-ої рами відповідно у вертикальному, горизонтальному поперечному і поздовжньому напрямках;

$\dot{\Delta}_{бzij}, \dot{\Delta}_{byij}, \dot{\Delta}_{бxij}$ - швидкість деформації пружного елемента буксового підвішування j-го колеса i-ої колісної пари відповідно у вертикальному і горизонтальному поперечному і поздовжньому напрямках;

$\dot{\Delta}_{rzij}, \dot{\Delta}_{ryij}$ - швидкості деформацій колії під j-им колесом i-ої колісної пари в вертикальному і горизонтальному поперечному напрямках;

$\dot{\Delta}_{\psi i}$ - швидкість переміщення кузова щодо i-ої надресорної балки в плані ($\dot{\Delta}_{\psi i} = \dot{\psi}_k - \dot{\psi}_{ni}$).

Відносні швидкості $\dot{\Delta}$ переміщень тіл, пов'язаних дисипативними елементами, визначаються як похідні за часом від відносних переміщень відповідних тіл.

Узагальнені сили Q_i^*, які не мають потенціалу, включають в себе сили взаємодії коліс і рейок Q_i, які визначаються з використанням гіпотези кріпа [1, 167, 170]. Відповідно до цієї гіпотези дотичні сили взаємодії коліс з рейками нелінійно залежать від безрозмірних характеристик прослизання. Характер і величина сил, що діють в контакті колеса і рейки, визначаються за методикою, описаною в роботі [170].

$$X_{ij} = -\frac{F_{ij}\varepsilon_{xij}}{\sqrt[4]{(F_{ij}^*\varepsilon_{ij})^4 + 1}}; \quad Y_{\alpha ij} = -\frac{F_{ij}\varepsilon_{\alpha ij}}{\sqrt[4]{(F_{ij}^*\varepsilon_{ij})^4 + 1}}, \tag{2.18}$$

де X_{ij} - проекція сили взаємодії j-го колеса i-ої колісної пари і рейки на поздовжню вісь x;

$Y_{\alpha ij}$ - проекція сили взаємодії j-го колеса i-ої колісної пари і рейки на дотичну до профілю поверхні j-го колеса i-ої колісної пари в точці контакту з рейкою;

F_{ij} - коефіцієнт кріпа, який залежить від величини вертикальної сили (P_{ij}), що діє на j-е колесо i-ої колісної пари;

$\varepsilon_{xij}, \varepsilon_{\alpha ij}$ - безрозмірні характеристики проковзування в поздовжньому і поперечному напрямках;

$\varepsilon_{ij} = \sqrt{\varepsilon_{xij}^2 + \varepsilon_{\alpha ij}^2}$ - повне прослизання j-го колеса i-ої колісної пари;

$F_{ij}^* = F_{ij}/(\mu P_{ij})$ (μ - коефіцієнт тертя ковзання).

Безрозмірні характеристики проковзування визначаються в припущенні, що профіль поверхні кочення колеса є криволінійним.

Поздовжня і поперечна складові відносної швидкості проковзування j-го колеса i-ої колісної пари по рейці визначаються наступним чином:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{xij} &= (\dot{x}_i - (-1)^j d_{ij}^{\bullet}\dot{\psi}_i)v^{-1} - \Delta r_{ij} r^{-1} - (-1)^j K_i (d_{ij}^{*}\cos\theta_{hi} - (-1)^j r_{ij}\sin\theta_{hi});\\ \varepsilon_{yij} &= (\dot{y}_i - \dot{y}_{rij} - r_{ij}\dot{\theta}_i)v^{-1} - \psi_i;\end{aligned} \qquad (2.19)$$

$$\varepsilon_{\alpha ij} = \varepsilon_{yij}/\cos\alpha_j,\ (i=\overline{1,4},\ j=1,2),$$

де $d_{ij}^{\bullet}$ - відстань в поперечному напрямку між поточною точкою контакту на j-ому колесі i-ої колісної пари і площиною симетрії i-ої колісної пари;

r_{ij} - радіус j-го колеса i-ої колісної пари, що відповідає поточному положенню точки контакту;

Δr_{ij} - приріст радіуса кола катання j-го колеса i-ой колісної пари щодо його середнього кола катання r.

α_j - кут між дотичною до профілю поверхні j-го колеса в точці контакту і поперечною віссю y.

Узагальнені сили Q_i отримані після підстановки рівнянь (2.19) у вираз (2.18) і складання можливих робіт сил взаємодії коліс і рейок. При визначенні сил, що діють на колеса в горизонтальному поперечному напрямку, прийняті до відома (крім сил псевдоковзання $Y_{\alpha ij}$) складові від дії сили тяжіння.

Узагальнені сили, відмінні від нуля, визначаються наступним чином:

$$\begin{aligned}
&Q_{i+3} = \sum_{j=1}^{2} E_{ij} \quad (i=\overline{1,4});\\
&Q_{i+12} = \sum_{j=1}^{2} (-1)^{j+1} d_{ij}^{\bullet} X_{ij} \quad (i=\overline{1,4});\\
&Q_{i+30} = \sum_{j=1}^{2} X_{ij} \quad (i=\overline{1,4});\\
&Q_i = -E_{k1}, \quad (i=35,37,39,41 \quad k=\overline{1,4});\\
&Q_i = -E_{k2}, \quad (i=36,38,40,42 \quad k=\overline{1,4});\\
&Q_i = \frac{1}{2d_1}\sum_{j=1}^{2} r_{kj}E_{kj}, \quad (i=43,45,47,49 \quad k=\overline{1,4});\\
&Q_i = -\frac{1}{2d_1}\sum_{j=1}^{2} r_{kj}E_{kj}, \quad (i=44,46,48,50 \quad k=\overline{1,4}),
\end{aligned} \qquad (2.20)$$

де $E_{ij} = Y_{\alpha ij} / \cos\alpha_j - P_{ij} r' \cos\alpha_j$.

Зовнішніми силами S_i^*, що діють на вагон, є сила тяги F_T, що розвивається локомотивом поїзда, гальмівна сила B_T, що виникає при включенні гальм, і сили опору руху W, до яких відносять всі інші зовнішні сили.

У загальному випадку зовнішні сили, що діють на вагони, можуть бути представлені у вигляді

$$S_i^* = W_i + B_i + F_T, \qquad (2.21)$$

де W_i – сила опору поступальному руху, прикладена до i-го твердого тіла;

B_i – гальмівна сила, прикладена до i-го твердого тіла;

F_T – сила тяги локомотива.

Після підстановки в (2.5) отриманих виразів кінетичної і потенційної енергій, функцій розсіювання і узагальнених сил отримана система нелінійних диференціальних рівнянь 100-го порядку, що описує вимушені коливання пасажирського вагона.

Отримана система рівнянь призначена для дослідження просторових коливань рухомого одиночного пасажирського вагона. Більш точну оцінку динамічних характеристик екіпажу можна отримати в разі дослідження просторових коливань пасажирського вагона, що рухається у складі поїзда. Для цього в математичній моделі, яка описує рух вагона, необхідно врахувати наявність автозчіпного пристрою і пружного майданчика між вагонами.

У цьому випадку в узагальнені сили Q_i^*, крім сил, що виникають у результаті взаємодії коліс з рейками Q_i, необхідно додати сили S_i, що діють в міжвагонних з'єднаннях потяга, який рухається.

Взаємні зміщення сусідніх вагонів в поздовжньому, поперечному і вертикальному напрямках визначаються наступним чином:

$$\Delta_{xk,k+1} = x_{c(k)} - x_{c(k+1)};$$

$$\begin{aligned}\Delta_{yk,k+1} &= y_{c(k)} - l_a\psi_{c(k)} - y_{c(k+1)} - l_a\psi_{c(k+1)};\\ \Delta_{zk,k+1} &= z_{c(k)} + l_a\varphi_{c(k)} - z_{c(k+1)} + l_a\varphi_{c(k+1)},\end{aligned} \tag{2.22}$$

де $2l_a$ – довжина вагона по осях автозчеплення.

Поздовжні сили, що діють між сусідніми вагонами, залежать від взаємного зміщення кінців відповідних автозчеплень, яке визначається за виразами (2.22) і їх відносними швидкостями.

Математично залежність зусилля S в з'єднанні між вагонами, обладнаними беззазорними зчіпними пристроями з поглинаючими апаратами Р-2П або Р-4П, від деформації з'єднання q і швидкості цієї деформації $\dot{q}$ має вигляд [1, 167, 181, 194]:

$$S(q,\dot{q}) = \begin{cases} \text{при} \quad |q| < \Delta \quad \text{та} \quad q\dot{q} \ge 0: \\ k_н q, \text{ якщо } |k_н q| \le |k_k(q-q_p) + k_p q_p|; \\ k_k(q-q_p) + k_p q_p + \beta\dot{q}, \\ \qquad \text{якщо } |k_н q| > |k_k(q-q_p) + k_p q_p|; \\ \text{при} \quad |q| < \Delta \quad \text{та} \quad q\dot{q} < 0: \\ k_p q, \text{ якщо } |k_p q| > |k_k(q-q_н) + k_н q_н|; \\ k_k(q-q_н) + k_н q_н + \beta\dot{q}, \\ \qquad \text{якщо } |k_p q| \le |k_k(q-q_н) + k_н q_н|; \\ \text{при } \dfrac{(k_k - k_н)\Delta}{k_k - k_p} \le q \le \Delta \quad \text{та} \quad |q| > \Delta: \\ k_k(q-\Delta) + k_н\Delta + \beta\dot{q}, \end{cases} \tag{2.23}$$

де $q_н, q_p$ - значення q в моменти зміни знаку добутку $q\dot{q}$ з «плюса» на «мінус» ($q_н$) і навпаки (q_p);

$k_н$ - 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 (2.23). 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 методикою, описаною в роботах [1, 194].

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:

$$\beta_c = \operatorname{arctg}\left|(y_{ck} - y_{ck+1})/(x_{ck} - x_{ck+1})\right|. \qquad (2.24)$$

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

$$\alpha_k = \psi_{ck} - \beta_c;$$
$$\alpha_{k+1} = \beta_c - \psi_{ck+1}, \qquad (2.25)$$

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

Після визначення кутів установки автозчепних пристроїв щодо поздовжньо-поперечної площини можна обчислити поперечні складові сили, що діє в міжвагонному з'єднанні (рис. 2.3):

$$F_k = -S \operatorname{tg}\alpha_k;$$
$$F_{k+1} = S \operatorname{tg}\alpha_{k+1}, \qquad (2.26)$$

де S - поздовжня сила, що діє в з'єднанні k-го і $(k+1)$-го вагонів;

F_k - поперечна сила, що діє на заднє автозчеплення k-го вагона;

F_{k+1} - поперечна сила, що діє на переднє автозчеплення $(k+1)$-го вагона;

α_k, α_{k+1} – кути автозчеплення у хвостовій частині k -го вагона і головної частини $(k+1)$-го вагона.

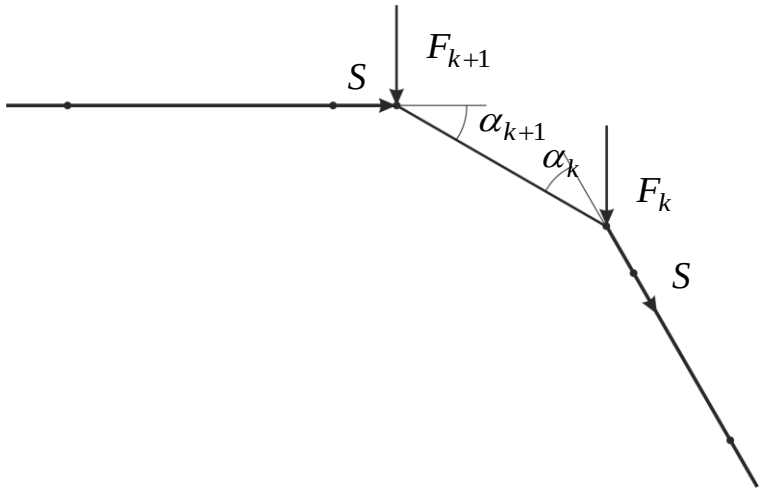


Рисунок 2.3 – Схема сил, що діють в міжвагонному з'єднанні

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

$$F_z = k_{zc}\left[z_{ck} - z_{ck+1} + C(\varphi_{ck} + \varphi_{ck+1}) \pm \Delta_z\right], \qquad (2.27)$$

де k_{zc} – жорсткість зчеплення у вертикальному напрямку;

$\varphi_{ck}, \varphi_{ck+1}$ – коливання галопування k -го і $(k+1)$-го вагонів;

$2C$ – відстань між головками зчеплення;

Δ_z – вертикальний зазор зчеплення.

Слід зазначити, що максимальна вертикальна сила, яку можна передати через зчеплення, не може бути більше сили тертя, яка визначається як добуток коефіцієнта тертя в зчепленні на поздовжню силу в зчіпному пристрої.

2.2 Розробка математичної моделі просторових коливань вантажного вагону вузької колії

Як зазначено у розділі 1 та п. 2.1, вченими в основному досліджуються конструкції рухомого складу для широкої та європейської колії, а питанням розробки математичних моделей просторових коливань вузькоколійних вагонів майже не приділяється уваги, тому наступним етапом дослідження є розробка математичної моделі просторових коливань вузькоколійного вантажного вагону, що виконано з урахуванням напрацювань автора [1] .

Далі розглянемо більш докладно алгоритм формування математичної моделі для 4-х вісного вантажного вагона, а саме для 4-х вісного піввагона.

При описі руху вантажного вагона (піввагона) ділянками колії довільного обрису обрана нерухома система координат $\tilde{O}\xi\eta\zeta$, а для кожного твердого тіла – по дві рухливі системи координат: природна $Oxyz$ і пов'язана з твердим тілом $Cx'y'z'$ (Cx', Cy', Cz' – головні центральні осі інерції). Всі системи координат прийняті правими, причому вважаємо, що осі $\tilde{O}\xi$, Ox, Cx' спрямовані зліва направо, а осі $\tilde{O}\zeta$, Oz, Cz' – вниз (рис. 2.1), аналогічно як і для математичної моделі руху пасажирського вагона.

Осі природної системи координат направлені відповідно по дотичній, нормалі і бінормалі до осі колії. Початок координат O для кожного твердого тіла знаходиться на відстані s від його положення в початковий момент часу (тут s – пройдений шлях). Положення природної системи координат відносно нерухомої характеризується дуговою координатою уздовж осі колії s, кутом χ між осями Ox і $\tilde{O}\xi$ в плані, а також кутами φ_h і θ_h між цими осями в

вертикальних площинах, які визначаються підвищенням зовнішньої рейки h_r. Параметри рейки χ, h_r – задані функції координати s, для кругової кривої $\dot{\chi}$ і h – постійні, для прямої – дорівнюють нулю.

Положення твердого тіла щодо природної системи координат описується величинами $x, y, z, \psi, \varphi, \theta$. Поступальні переміщення описують відповідно сіпання, бічний віднесенні, і підстрибування твердого тіла. Кути повороту ψ, φ, θ описують відповідно виляння, галопування і бічну качку твердого тіла (рис. 2.4).

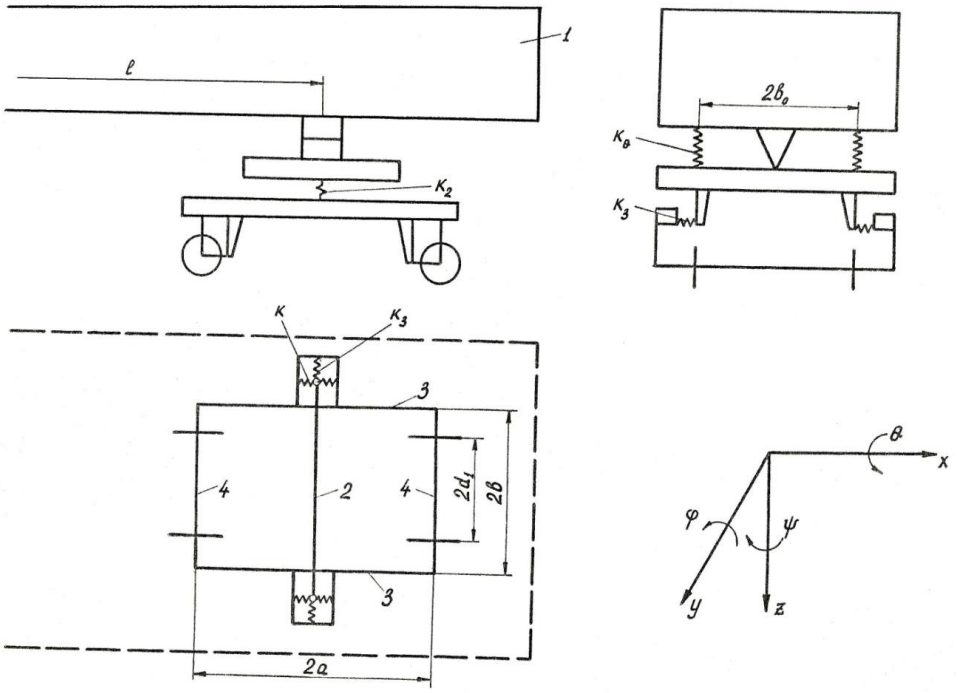


Рисунок 2.4 – Розрахункова схема динамічного моделювання вантажного вагона

При виборі розрахункової схеми вантажного піввагона на візках з двоступінчатим підвішуванням прийняті наступні допущення:

- екіпаж є механічною системою, що складається з одинадцяти твердих тіл (кузова, двох надресорних балок, чотирьох бічних рам і чотирьох колісних пар);

- при взаємних кутових переміщеннях кузова і надресорних балок в горизонтальній площині (в пружних ковзунах) виникає момент сил сухого тертя;

- зв'язок надресорної балки з бічними рамами пружно-дисипативний з сухим тертям, тобто комплекти пружин центрального підвішування допускають зсув уздовж осей x, y, z;

- зв'язок між бічною рамою і колісною парою пружно-в'язкий, тобто буксове підвішування (наявність адаптерів з пружними елементами) допускає взаємні переміщення цих тіл у всіх напрямках;

- профіль поверхні кочення коліс - нелінійний.

Для динамічного моделювання колія приймається інерційною пружно-в'язкою. Вона моделюється наведеної до кожного колеса масою (вісім наведених мас), що має тільки вертикальне і поперечне горизонтальне переміщення і спирається в цих напрямках на пружини і демпфери в'язкого тертя, що моделюють пружно-дисипативні властивості рейок і підрейкові основи. Поздовжні і кутові переміщення колії такою моделлю не враховуються.

Конфігурація розглянутої механічної системи описується 11×6+8×2=82 координатами.

При позначенні координат твердих тіл системи введені наступні індекси:

f – кузов;

bk (k =1,2) – надресорна балка;

sl (l =1,2,3,4) – боковина;

i – колісна пара (i =1,2,3,4 – номер колісної пари по ходу руху екіпажу);

ij – колесо (j =1 – ліва сторона вагона, j =2 – права);

rij – рейки в точках контакту.

Для визначення числа ступенів свободи розглянутої механічної системи прийняті до уваги обмеження, накладені на переміщення тіл в силу загальноприйнятих припущень і конструктивних особливостей ходових частин вагонів.

Вертикальні переміщення і бічна хитавиця колісних пар виражаються через вертикальні переміщення коліс:

$$z_i = \frac{z_{i1} + z_{i2}}{2}, \quad \theta_i = \frac{z_{i2} - z_{i1}}{2d_1}, \quad (i = \overline{1, 4}), \tag{2.28}$$

де $2d_1$ – відстань між середніми колами катання колісної пари.

Бічною хитавицею бічних рам візків можна знехтувати, тоді:

$$\theta_{sl} = 0, \quad (l = \overline{1, 4}). \tag{2.29}$$

Мається на увазі, що радіуси r кіл катання всіх коліс рівні між собою. Тоді, при співпадінні поздовжніх площин симетрії колії і візка, при переміщенні вагона уздовж осі колії всі колеса повернуться на один і той же кут

$$\varphi_i = -\frac{x_i + s}{r}, \quad (i = \overline{1, 4}), \tag{2.30}$$

де s – поточне значення пройденого шляху.

Надресорні балки у всіх напрямках, крім виляння, рухаються спільно з кузовом піввагона, тому

$$\begin{aligned} x_{bk} &= x_f, \\ y_{bk} &= y_f - (-1)^k l\psi_f - h\theta_f, \\ z_{bk} &= z_f + (-1)^k l\varphi_f, \\ \varphi_{bk} &= \varphi_f, \quad (k = 1, 2), \end{aligned} \tag{2.31}$$

де $2l$ – база вагона;

h – висота центру мас кузова над площиною спирання на пружини ресорного підвішування.

Враховуючи зв'язки (2.28) - (2.31), отримуємо, що число ступенів свободи даної системи дорівнює 6×11+2×8–24=58.

Узагальнені координати, що описують конфігурацію розглянутої механічної системи, вибираються наступним чином:

$$
\begin{aligned}
&q_1 = y_f;\quad q_2 = y_{s1};\quad q_3 = y_{s2};\quad q_4 = y_{s3};\quad q_5 = y_{s4};\quad q_6 = y_1;\quad q_7 = y_2;\\
&q_8 = y_3;\quad q_9 = y_4;\quad q_{10} = \psi_f;\quad q_{11} = \psi_{b1};\quad q_{12} = \psi_{b2};\quad q_{13} = \psi_{s1};\quad q_{14} = \psi_{s2};\\
&q_{15} = \psi_{s3};\quad q_{16} = \psi_{s4};\quad q_{17} = \psi_1;\quad q_{18} = \psi_2;\quad q_{19} = \psi_3;\quad q_{20} = \psi_4;\quad q_{21} = \theta_f;\\
&q_{22} = \theta_{b1};\quad q_{23} = \theta_{b2};\quad q_{24} = z_f;\quad q_{25} = z_{s1};\quad q_{26} = z_{s2};\quad q_{27} = z_{s3};\quad q_{28} = z_{s4};\\
&q_{29} = \varphi_f;\quad q_{30} = \varphi_{s1};\quad q_{31} = \varphi_{s2};\quad q_{32} = \varphi_{s3};\quad q_{33} = \varphi_{s4};\quad q_{34} = x_f;\quad q_{35} = x_{s1};\\
&q_{36} = x_{s2};\quad q_{37} = x_{s3};\quad q_{38} = x_{s4};\quad q_{39} = x_1;\quad q_{40} = x_2;\quad q_{41} = x_3;\quad q_{42} = x_4;\\
&q_{43} = y_{r11};\quad q_{44} = y_{r12};\quad q_{45} = y_{r21};\quad q_{46} = y_{r22};\quad q_{47} = y_{r31};\quad q_{48} = y_{r32};\quad q_{49} = y_{r41};\\
&q_{50} = y_{r42};\quad q_{51} = z_{r11};\quad q_{52} = z_{r12};\quad q_{53} = z_{r21};\quad q_{54} = z_{r22};\quad q_{55} = z_{r31};\quad q_{56} = z_{r32};\\
&q_{57} = z_{r41};\quad q_{58} = z_{r42}.
\end{aligned}
\tag{2.32}
$$

Диференціальні рівняння руху піввагона колією довільного обрису отримані в формі рівнянь Лагранжа другого роду [1, 86, 101, 107, 108, 112, 129-134, 191]:

$$
\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_i} = Q_i, \quad (i = 1,\ldots,58), \tag{2.33}
$$

де: q_i, $\dot{q}_i$ – узагальнені координати і їх швидкості;

T – кінетична енергія;

Π – потенціальна енергія;

Φ – функція розсіювання;

Q_i – узагальнені сили, які не мають потенціалу.

Кінетична енергія T системи отримана складанням кінетичних енергій тіл, що входять в систему:

$$
T = \sum_{i=1}^{11} T_i + T_{\Pi}, \tag{2.34}
$$

де T_i – кінетична енергія i-го твердого тіла;

T_{Π} – кінетична енергія колії.

Кінетична енергія системи визначається як сума кінетичних енергій тіл, що входять в систему. Для кожного з тіл кінетична енергія визначається по теоремі

Кеніга. У загальному випадку кінетична енергія для j-ого твердого тіла записується в наступному вигляді:

$$T_j = \frac{1}{2} m_j \left[(\dot{s} + \dot{x}_j - y_j \dot{\chi}_j)^2 + (\dot{y}_j + x_j \dot{\chi}_j)^2 + (\dot{z}_j - \dot{h}_{rj})^2 \right] + \\ + \frac{1}{2} I_{xj} (\dot{\theta}_j + \dot{\theta}_{hj})^2 + \frac{1}{2} I_{zj} (\dot{\psi}_j + \dot{\chi}_j)^2 + \frac{1}{2} I_{yj} (\dot{\varphi}_j + \dot{\varphi}_{hj})^2, \tag{2.35}$$

де: m_j – маса j-ого твердого тіла;

I_j – позначають, з відповідними індексами, головні центральні моменти інерції j-ого тіла;

$\dot{\chi}_j = vK_j$;

K_j – кривизна колії під j-м тілом;

v – швидкість руху вагона;

h_{rj} – підйом колії під центром мас j-ого тіла, викликане підвищенням у кривої зовнішньої рейки на величину $h_r = 2d_1\theta_h$.

Потенціальна енергія системи $П$ визначається як сума енергії пружних деформацій $П_1$ та змін енергії $П_2$ внаслідок підйому або опускання центрів мас тіл, що входять в систему:

$$П = П_1 + П_2 \tag{2.36}$$

Потенціальна енергія $П_1$ деформацій пружних елементів визначається по теоремі Клапейрона наступним чином:

$$П_1 = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{2} \sum_{l=2k-1}^{2k} (k_{cz} \Delta_{czkl}^2 + k_{cy} \Delta_{cykl}^2 + k_{cx} \Delta_{cxkl}^2) + \\ + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{4} \sum_{j=1}^{2} (k_{ax} \Delta_{axij}^2 + k_{ay} \Delta_{ayij}^2 + k_{az} \Delta_{azij}^2) + \frac{1}{2} k_z \sum_{n=1}^{4} \Delta_{zn}^2 + \\ + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{4} \sum_{j=1}^{2} (k_{rz} \Delta_{rzij}^2 + k_{ry} \Delta_{ryij}^2), \tag{2.37}$$

де k_{cz}, k_{cy}, k_{cx} – відповідно, вертикальна, горизонтальна поперечна і поздовжня жорсткості пружного елемента, встановленого між надресорної балкою і боковиною;

$\Delta_{czkl}, \Delta_{cykl}, \Delta_{cxkl}$ – відповідно, вертикальний, горизонтальний поперечний і поздовжній прогини пружного елемента, встановленого між k-ої надресорної балки и l-ої боковини;

k_{ax}, k_{ay}, k_{az} – жорсткості пружних елементів, що імітують зв'язок боковини і колісної пари в поздовжньому, поперечному і вертикальному напрямках відповідно;

$\Delta_{axij}, \Delta_{ayij}, \Delta_{azij}$ – відносні переміщення j-ої боковини і i-ої колісної пари в поздовжньому, поперечному і вертикальному напрямках відповідно;

k_z – жорсткість ковзуна;

$\Delta_{z\ln}$ – взаємне вертикальне переміщення кузова і l-ої надресорної балки в зоні n-ого ковзуна;

$k_{rz,}\ k_{ry}$ – відповідно вертикальна і поперечна жорсткості колії;

$\Delta_{rzij}, \Delta_{ryij}$ – відповідно вертикальний і горизонтальний поперечний прогини колії під j-им колесом i-ої колісної пари.

Взаємні переміщення тіл, що викликають деформації пружних елементів, визначаються в такий спосіб:

– вертикальні прогини пружин центрального підвішування

$$\begin{aligned}
\Delta_{zc11} &= z_{b1} - z_{s1} - b(\theta_{b1} + \theta_{hb1}),\\
\Delta_{zc12} &= z_{b1} - z_{s2} + b(\theta_{b1} + \theta_{hb1}),\\
\Delta_{zc21} &= z_{b2} - z_{s3} - b(\theta_{b2} + \theta_{hb2}),\\
\Delta_{zc22} &= z_{b2} - z_{s4} + b(\theta_{b2} + \theta_{hb2}),
\end{aligned} \qquad (2.38)$$

де: $2b$ – відстань між пружними елементами центрального підвішування в поперечному напрямку;

– горизонтальні поперечні прогини пружин центрального підвішування;

$$\begin{aligned}\Delta_{yc1j} &= y_f + l\psi_f - h\theta_f - y_{sl} - u_1,\ (j=1,2;\ l=1,2),\\ \Delta_{yc2j} &= y_f - l\psi_f - h\theta_f - y_{sl} - u_2,\ (j=1,2;\ l=3,4),\end{aligned} \tag{2.39}$$

де: u_i – стріла дуги криволінійного (в плані) колії під центром мас кузова в межах відстані $2l$;

– горизонтальні поздовжні прогини пружин центрального підвішування

$$\begin{aligned}\Delta_{cx11} &= x_{b1} + b\psi_{b1} - x_{s1},\\ \Delta_{cx12} &= x_{b1} - b\psi_{b1} - x_{s2},\\ \Delta_{cx21} &= x_{b2} + b\psi_{b2} - x_{s3},\\ \Delta_{cx22} &= x_{b2} - b\psi_{b2} - x_{s4};\end{aligned} \tag{2.40}$$

– вертикальні прогини пружин буксового підвішування

$$\begin{aligned}\Delta_{azij} &= z_{s1} + (-1)^i a\varphi_{s1} - z_i - (-1)^j b^{\bullet}(\theta_i + \theta_{hi}),\ (i=1,2;\ j=1,2),\\ \Delta_{azij} &= z_{s2} + (-1)^i a\varphi_{s2} - z_i - (-1)^j b^{\bullet}(\theta_i + \theta_{hi}),\ (i=3,4;\ j=1,2),\end{aligned} \tag{2.41}$$

де: $2b^{\bullet}$ – відстань між пружними елементами буксового підвішування в поперечному напрямку;

$2a$ – база візка;

– горизонтальні поперечні прогини пружин буксового підвішування

$$\begin{aligned}\Delta_{ayij} &= y_{s1} - (-1)^i a\psi_{s1} - y_i - u_1,\ (i=1,2;\ j=1,2),\\ \Delta_{ayij} &= y_{s2} - (-1)^i a\psi_{s2} - y_i - u_2,\ (i=3,4;\ j=1,2),\end{aligned} \tag{2.42}$$

де: u_1, u_2 – стріли дуг криволінійного (в плані) колії в межах баз першого і другого візків відповідно;

– поздовжні прогини пружин буксового підвішування

$$\begin{aligned}\Delta_{ax11} &= x_{s1} - x_1 - b\psi_1 + aK_{s1}, \quad \Delta_{ax31} = x_{s3} - x_3 - b\psi_3 + aK_{s3},\\ \Delta_{ax12} &= x_{s2} - x_1 + b\psi_1 + aK_{s2}, \quad \Delta_{ax32} = x_{s4} - x_3 + b\psi_3 + aK_{s4},\\ \Delta_{ax21} &= x_{s1} - x_2 - b\psi_2 - aK_{s1}, \quad \Delta_{ax41} = x_{s3} - x_4 - b\psi_4 - aK_{s3},\\ \Delta_{ax22} &= x_{s2} - x_2 + b\psi_2 - aK_{s2}, \quad \Delta_{ax42} = x_{s4} - x_4 + b\psi_4 - aK_{s4};\end{aligned} \tag{2.43}$$

– взаємні вертикальні переміщення кузова і надресорної балки в зоні ковзунів

$$\begin{aligned}\Delta_{z1j} &= z_f - z_{b1} + (-1)^j b_s(\theta_f - \theta_{b1} + \theta_{hf} - \theta_{hb1}),\\ \Delta_{z2j} &= z_f - z_{b2} + (-1)^j b_s(\theta_f - \theta_{b2} + \theta_{hf} - \theta_{hb2}),\ (j=1,2),\end{aligned} \tag{2.44}$$

де: $2b_s$ – відстань між ковзунами;

– прогини колії

$$\Delta_{zrij} = z_{rij}, \quad \Delta_{yrij} = y_{rij}, \quad (i=\overline{1,4};\ j=1,2). \tag{2.45}$$

Зміна потенційної енергії Π_2 для j-ого твердого тіла визначається наступним чином:

$$\Pi_{2j} = -m_j g(\theta_{hj} y_j + z_j), \tag{2.46}$$

де g – прискорення вільного падіння.

Побудована розрахункова схема враховує дію сил в'язкого тертя при роботі пружних елементів в буксових вузлах, а також при вертикальних і горизонтальних прогинах колії. Крім того, враховується дія сил сухого тертя в центральному підвішуванні і при взаємних поворотах кузова і надресорних балок в плані.

Дисипативна функція для даної системи має вигляд:

$$\begin{aligned}\Phi = \frac{1}{2}\left[\sum_{l=1}^{4}\sum_{i=1}^{4}\beta_{ay}\dot{\Delta}^2_{ayli} + \beta_{az}\dot{\Delta}^2_{azli}\right] + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{2}(\beta_{rz}\dot{\Delta}^2_{rzij} + \beta_{ry}\dot{\Delta}^2_{ryij}) +\\ + \sum_{k=1}^{2}\sum_{l=2k-1}^{2k}(F_{cz}\left|\dot{\Delta}_{czkl}\right| + F_{cy}\left|\dot{\Delta}_{cykl}\right|) + W\sum_{k=1}^{2}\left|\dot{\Delta}_{\psi k}\right|,\end{aligned} \tag{2.47}$$

де: β_{ay}, β_{az} – коефіцієнти розсіювання енергії в пружних елементах буксового підвішування в горизонтальному поперечному і вертикальному напрямках, відповідно;

β_{rz}, β_{ry} – коефіцієнти розсіювання енергії в колії в вертикальному і горизонтальному поперечному напрямках, відповідно;

F_{cz}, F_{cy} – амплітудні значення сил сухого тертя, що діють в ресорному підвішування, відповідно, у вертикальному і горизонтальному поперечному напрямках у зв'язку надресорної балки і боковини;

W – момент сил сухого тертя, що діють в горизонтальній площині при взаємних поворотах кузова і надресорної балки з урахуванням роботи ковзунів;

$\dot{\Delta}_{\psi k}$ – швидкість переміщення кузова щодо надресорної балки в плані:

$$\Delta_{\psi 1} = \dot{\psi}_f - \dot{\psi}_{bk} - v(K_f - K_{bk})\ (k = 1,2).$$

Відносні швидкості $\dot{\Delta}$ переміщень тіл, пов'язаних дисипативними елементами, визначаються як похідні за часом від відносних переміщень відповідних тіл.

Сили в пружно-дисипативних елементах визначаються за формулою:

$$S_n = \frac{\partial П}{\partial \Delta_n} + \frac{\partial Ф}{\partial \dot{\Delta}_n}. \qquad (2.48)$$

Після підстановки значень (2.36) та (2.47) в формулу (2.48) отримаємо такі вирази для сил, що діють в елементах центрального ($S_{cxkj,}\ S_{czkj,}\ S_{cykj}$) та буксового ($S_{axij,}\ S_{azij,}\ S_{ayij}$) підвішування, в пружних ковзунах (S_{zi}), в елементах, що моделюють пружно-в'язкі властивості колії, (S_{rzij}, S_{ryij}):

– в вертикальному напрямі

$$\begin{aligned} S_{czkj} &= k_{cz}\Delta_{czkj} + F_{cz}\operatorname{sign}\dot{\Delta}_{czkj}, \\ S_{azij} &= k_{az}\Delta_{azij} + \beta_{az}\dot{\Delta}_{azij}, \\ S_{zi} &= k_z\Delta_{zi}, \\ S_{rzij} &= k_{rz}\Delta_{rzij} + \beta_{rz}\dot{\Delta}_{rzij}; \end{aligned} \qquad (2.49)$$

– в горизонтальному поперечному напрямі

$$\begin{aligned} S_{cykj} &= k_{cy}\Delta_{cykj} + F_{cy}\operatorname{sign}\dot{\Delta}_{cykj}, \\ S_{ayij} &= k_{ay}\Delta_{ayij} + \beta_{ay}\dot{\Delta}_{ayij}, \\ S_{ryi} &= k_{ry}\Delta_{ryi} + \beta_{ry}\dot{\Delta}_{ryi}; \end{aligned} \qquad (2.50)$$

– в горизонтальному поздовжньому напрямі

$$S_{cxkj} = k_{cx}\Delta_{cxkj}, \quad S_{axij} = k_{ax}\Delta_{axij}, \\ \left(k = 1, 2;\ i = \overline{1, 4};\ j = 1, 2\right). \tag{2.51}$$

При взаємних кутових переміщеннях кузова і надресорної балки в горизонтальній площині виникає момент сил сухого тертя:

$$M_{\psi k} = W \operatorname{sign} \dot{\Delta}_{\psi k}, \quad (k = 1, 2). \tag{2.52}$$

Узагальнені сили Q_i є силами взаємодії коліс і рейок. Залежності складових сил взаємодії коліс і рейок від їх відносних переміщень в зоні контакту апроксимувати наступним чином:

$$X_{ij} = -\frac{F_{ij}\varepsilon_{xij}}{\sqrt[4]{(F_{ij}^{*}\varepsilon_{ij})^4 + 1}}; \quad Y_{ij} = -\frac{F_{ij}\varepsilon_{yij}}{\sqrt[4]{(F_{ij}^{*}\varepsilon_{ij})^4 + 1}}, \tag{2.53}$$

де: X_{ij}, Y_{ij} – відповідно, поздовжня і поперечна складові сил взаємодії j-ого колеса i-тої колісної пари та рейки;

F_{ij} – коефіцієнт кріпа, який залежить від величини нормального тиску (P_{nij}) j-го колеса i-тої колісної пари на рейку;

$\varepsilon_{xij}, \varepsilon_{yij}$ – безрозмірні характеристики просковзування в поздовжньому і поперечному напрямках, відповідно;

$\varepsilon_{ij} = \sqrt{\varepsilon_{xij}^2 + \varepsilon_{yij}^2 \sec^2 \alpha_{ij}}$ – повне проковзування j-ого колеса i-тої колісної пари;

α_{ij} – кут між дотичною до профілю поверхні колеса в точці контакту і поперечною віссю y;

$F_{ij}^{*} = F_{ij}/(\mu P_{nij})$;

μ – коефіцієнт тертя ковзання.

Відносні прослизання колеса визначаються за методикою [1, 167, 170, 194, 195]:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{xij} &= (\dot{x}_i + (-1)^{j+1} d_1 \dot{\psi}_i) V^{-1} - \Delta r_{ij} r^{-1} + (-1)^{j+1} d_1 K_i \,, \\ \varepsilon_{yij} &= (\dot{y}_i - \dot{y}_{rij} - r_{ij} \dot{\theta}_i) V^{-1} - \psi_i + (-1)^{i+1} a K_i \;\; (i = \overline{1, 4};\; j = 1, 2),\end{aligned} \tag{2.54}$$

де Δr_{ij} – приріст радіуса кола катання j-ого колеса i-ої колісної пари;

r_{ij} – поточний радіус колеса, відповідний положенню точки контакту, який дорівнює $r_{ij} = r + \Delta r_{ij}$;

K_i – кривизна колії під i-ою колісною парою.

Узагальнені сили Q_i обчислюються як коефіцієнти при варіаціях узагальнених координат у виразах можливих робіт сил псевдоковзання X_{ij}, Y_{ij}.

Після підстановки в рівняння Лагранжа (2.5) отриманих виразів кінетичної і потенційної енергій, функції розсіювання і узагальнених сил отримана система звичайних нелінійних диференціальних рівнянь 116-го порядку.

Ця система нелінійних диференціальних рівнянь є математичною моделлю, що описує вимушені коливання залізничного вантажного піввагона на візках з пружним зв'язком колісних пар і бічних рам.

Основні принципи формування моделі дозволяють успішно використовувати її для вагонів різної ширини колії як стандартної, так і європейської і вузької колії. Особливості конструкції вагонів вузької колії і їх моделювання просторових коливань розглядалися автором також в роботах [1, 9, 23].

Запропонований опис математичної моделі просторових коливань чотиривісного піввагона на візках з пружним зв'язком колісних пар і бічних рам візків дозволяє виконувати моделювання коливань чотиривісного рейкового екіпажу, на прикладі піввагона, що рухається по пружно-в'язкій інерційній основі, з можливістю реалізації вертикальних і горизонтальних нерівностей рейкових ниток залізничної колії, як для вузькоколійних залізниць 750, 1000,

1060 мм, так і для залізниць колії 1435 і 1520 мм, при цьому забезпечується максимальне наближення створеної математичної моделі до реальної фізичної конструкції вагона.

2.3 Висновки до розділу 2

1. Виконано аналіз наукових публікацій за напрямком досліджень та визначено те, що дослідники та конструктори недостатньо опрацьовують тематику створення сучасних конструкцій вагонів вузькоколійних залізниць та їх складових частин і систем. Це ще раз свідчить про вірність обраного напрямку досліджень.

2. В роботі запропоновано математичну модель просторових коливань вузькоколійного чотиривісного пасажирського вагону, яка враховує основні конструктивні особливості вагону та дозволяє проводити теоретичні дослідження динамічної навантаженості пасажирського вагону під час руху інерційною пружно-в’язкою колією та визначати основні показники динаміки і безпеки руху та комфорту пасажирів. Математичну модель розроблено з використанням диференційних рівнянь Лагранжа 2-го роду. Отримано систему нелінійних диференційних рівнянь 100-го порядку, що описують вимушені коливання пасажирського вагону.

3. Для більш точної оцінки динамічних характеристик рейкового екіпажу, який рухається у складі поїзду, математична модель його просторових коливань доповнено математичним описом впливу автозчепного обладнання та пружного перехідного пристрою між вагонами.

4. Розроблено математичну модель просторових коливань вантажного вагону, яка враховує конструктивне виконання візка у трьохелементному варіанті. Систему нелінійних диференційних рівнянь для запропонованого варіанту конструкції вантажного вагону вузької колії отримано 116-го порядку.

5. Розроблені математичні моделі просторових коливань пасажирського та вантажного вагонів покладено в основу подальших теоретичних досліджень динамічної навантаженості вузькоколійного рухомого складу.

РОЗДІЛ 3
УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ РЕЙКОВИХ ЕКІПАЖІВ ДЛЯ РІЗНИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Як було визначено у першому розділі, одним із шляхів вирішення науково-прикладної задачі з підвищення ефективності залізничного транспорту є удосконалення конструкцій рухомого складу та поліпшення його техніко-економічних характеристик з урахуванням вимог чинної нормативної документації та перспективних умов експлуатації. В даному розділі розглянуто основні технічні рішення з можливого удосконалення конструкцій основних типів рухомого складу вузькоколійних залізниць, які потребують реінжинірингу та оновлення [2-8]. Далі послідовно у роботі розглядаються можливі варіанти технічної реалізації конструкцій вантажних та пасажирських вагонів і самохідного рухомого складу [3].

3.1 Дослідження конструкцій вузькоколійних вантажних вагонів та їх візків

Номенклатура різних типів вантажних вагонів для використання на залізницях вузької колії майже збігається з переліком моделей вантажних вагонів для залізниць з шириною колії 1520 та 1435 мм, але обмеження за габаритом наближення будівель та габаритом рухомого складу дещо обмежують конструктивну реалізацію певних функцій рухомого складу. Це створює додаткові умови до технічних рішень з конструкції вантажних вагонів для використання на залізницях вузької колії. Далі більш ретельно розглянемо особливості конструкції вантажних вагонів для вузькоколійних залізниць.

В роботі виконано аналіз конструктивних особливостей найбільш складних конструкцій вагонів, до яких слід віднести цистерни, в тому числі цистерни для небезпечних вантажів, зчленовані вагони, вагони-платформи,

думпкари, вагони хопери (бункерні вагони) та інші спеціалізовані і універсальні вантажні вагони.

Повний аналіз конструкцій вантажних вагонів вузької колії та їх візків наведено у Додатку В, з якого можна заключити, що основні технічні рішення, які використовуються на наявному рухомому складі для перевезення вантажів вузькоколійними залізницями, морально застарілі та не ефективні. Тому, це ще раз підтверджує необхідність та актуальність удосконалення конструкцій рухомого складу вузької колії та застосування прогресивних технічних рішень з урахуванням існуючої нормативної документації та перспективних умов експлуатації.

3.2 Розробка конструкцій основних типів вантажних вагонів для гірських залізниць вузької колії

Аналіз наявних технічних рішень вантажних вагонів вузької колії, а також патентні дослідження, що виконані автором [40-50], свідчать про моральну та фізичну застарілість конструкцій як самих вагонів, так і їх окремих елементів, що призводить до низької ефективності їх використання та значні експлуатаційні витрати на їх технічне обслуговування та ремонт. Тому автором запропоновано цілу низку технічних рішень з реалізації конструкцій вантажних вагонів для вузької колії та їх окремих елементів. Автором також розглянуто інші аспекти створення, впровадження в експлуатацію та ремонту рухомого складу залізничного транспорту [11, 12, 16, 19, 21, 22]. Далі розглянемо більше ретельно особливості запропонованих конструкцій вантажних вагонів. Деякі технічні рішення реалізовано автором у спільних розробках разом з співробітниками Проектно-конструкторського технологічного бюро ДНУЗТ та при виконанні держбюджетних науково-дослідних робіт та робіт на замовлення підприємств.

3.2.1 Конструкція розроблених вантажних вагонів колії 750 мм та візка

Найбільш перспективними для застосування при перевезенні універсальних вантажів коліями вузьких залізниць є вагон платформа та піввагон, тому що вони здатні забезпечити перевезення основної номенклатури вантажів, в тому числі необхідних для забезпечення перевезень у гірських районах [13, 14, 16-19, 23, 27, 28, 32, 36, 39]. Розглянемо основні конструктивні особливості розроблених вагонів колії 750 мм, а саме базу вагона та базу візка і загальні технічні характеристики вагонів.

На рис. 3.1, 3.2 представлено зображення конструкції вагона платформи та піввагона і візків для них з виділенням основних геометричних розмірів, таких як база вагонів та база візка. В роботі пропонується уніфікована конструкція двовісного візка для застосування у вантажних вагонах. Нагадаємо визначення основних понять.

Довжина вагона-платформи, піввагона (11000 мм) – відстань між ударними (буферними) площинами двох автозчепів вагона.

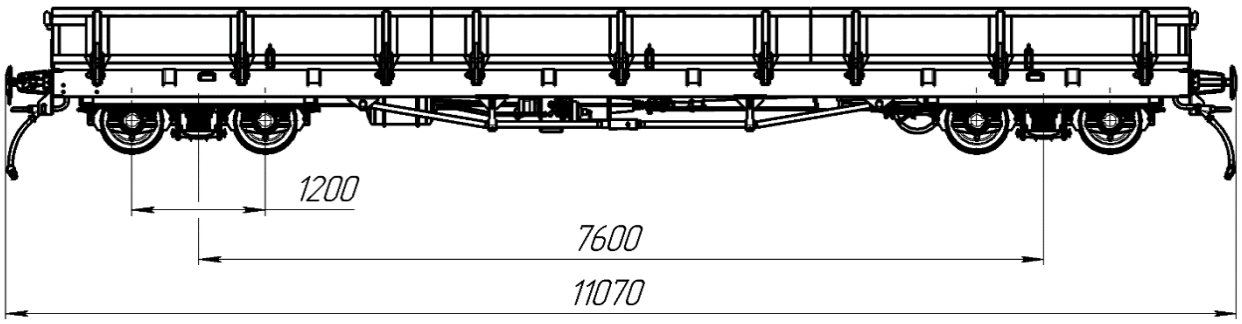


Рисунок 3.1 – База вагона-платформи і візка

База вагона-платформи, піввагона (7600 мм) – відстань між центрами опор кузова вагона на ходові частини візка. У центрі візка встановлений запобіжний шворінь, тому базою вагона вважається відстань між центрами двох запобіжних шворнів візків вагона.

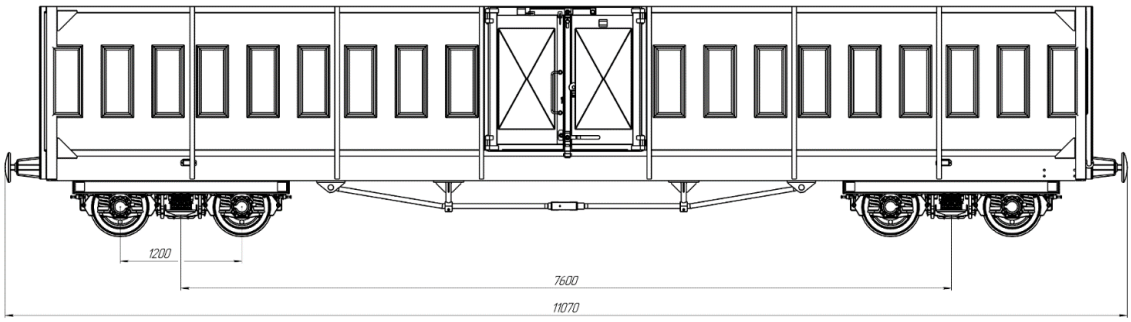


Рисунок 3.2 – База піввагона і візка

База візка (1200 мм) – відстань між центрами осей колісних пар візка. Збільшення бази візка призводить до збільшення його маси, а зменшення – до погіршення ходових якостей вагона і ускладнення розміщення на візку гальмової важільної передачі (ГВП).

Далі наведено загальні дані про розроблені вагони. Вид кліматичного виконання вагонів «У» для категорії розміщення 1 відповідно до ГОСТ 15150-69. Габарит вагонів Ту по ДСТУ Б ГОСТ 9720:2011. Діапазон експлуатаційних швидкостей від 5 до 60 км/год, а для перспективних умов експлуатації до 80 км/год.

Вагони складаються із наступних основних частин:

- кузова, який включає в себе дві бокові стінки, дві торцеві стінки і раму;
- двох двовісних візка;
- двох пристроїв зчеплення;
- автоматичного гальма;
- стоянкового гальма;
- підніжок та поручнів.

Вагон-платформа.

Основні параметри і розміри платформи наведені у табл. 3.1. Інші значення вказані в конструкторській документації (КД) на платформу. Вагон за показниками надійності відноситься до виробів конкретного призначення (ВКП) вид І, які відновлюються.

Таблиця 3.1 – Основні параметри і розміри платформи

Найменування параметру		Значення
1	Вантажопідйомність, т	20,0
2	Маса тари, т	7,55
3	Площа підлоги, $м^2$	19,25
4	Об’єм кузову, $м^3$	9,63
5	База, мм	
	а) платформи	7600
	б) візка	1200
6	Довжина, мм	
	а) по осям зчеплення автозчепів	11002
	б) по буферним брусам	10230
	в) кузова всередині	10121
7	Ширина, мм	
	а) максимальна	2314
	б) по кінцевим балкам рами	2010
	в) кузова всередині	1902
8	Висота бортів, мм	500
9	Висота від рівня головок рейок, мм	
	а) максимальна	1320
	б) до підлоги	800
	в) до осі автозчепів	620
10	Коефіцієнт тари	0,377
11	Питома площа, $м^2/т$	1,02
12	Навантаження від осі на рейки, т	6,88
13	Навантаження на 1 пог. м шляху, т	2,59
14	Конструкційна швидкість, км/год	60
15	Перспективна швидкість, км/год	80
16	Габарит згідно ДСТУ Б ГОСТ 9720	Ту

Призначений термін служби платформи – 32 роки. Після закінчення призначеного терміну служби експлуатація платформи повинна бути припинена незалежно від її технічного стану, після чого за результатами технічного діагностування повинно бути прийнято рішення, передбачене

відповідними нормативними документами: виключення з інвентарю або встановлення нового призначеного терміну служби з проведенням необхідних ремонтів і модернізацій. Призначений термін служби платформи після побудови до першого капітального ремонту – 17 років. Конструкції вагонів розроблено за участю автора в ПКТБ ДНУЗТ.

Кузов вагона-платформи. Кузов вагона призначений для розміщення вантажу. Кузов вагона являє собою зварну суцільнометалеву конструкцію, що складається із зварених в одне ціле рами, двох бічних стін, двох торцевих стін, і металевого настилу підлоги (рис. 3.3). Бокові та торцеві борти платформи – суцільнометалеві, виконані зі спеціального холодногнутого прокату згідно ДСТУ 2253 (ГОСТ 14635). Борти шарнірно закріплюються на рамі платформи і міцно утримуються клиновими замками в піднятому положенні. В опущеному положенні поздовжні борти знаходяться нижче рівня підлоги. Поздовжні борти, які складаються з трьох секцій, відкидаються назовні вниз, а торцеві – всередину на підлогу платформи Обшивка виконана із гофрованого профілю. Кузов обладнаний пристроями кріплення вантажу, дробинами та іншими пристроями.

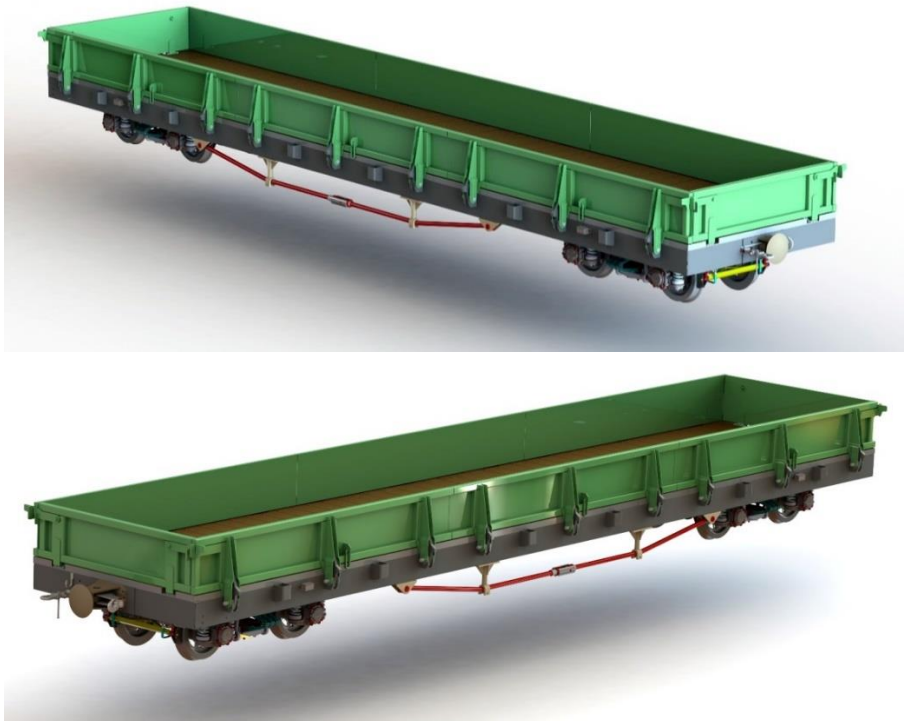


Рисунок 3.3 – Кузов вагона-платформи

Рама кузова вагона-платформи. Рама кузова зварна, служить його опорою на ходові частини (рис. 3.4).

Рама платформи складається з двох поздовжніх балок (виконаних зі швелера № 24); двох торцевих балок (виконаних зі швелера № 24); шістьох середніх поперечних балок (виконаних зі швелера № 10); двох шворневих балок, виконаних з чотирьох швелерів № 16 та накритих листами товщиною 10 мм, що утворює коробчастий перетин балок у середній частині; двох посилених поздовжніх балок, що виконанні зі швелера № 16, які розташовані між шворневими балками та торцевими балками з обох сторін рами з метою передачі поздовжніх навантажень на бічні пояси рами і стінки кузову; двох поздовжніх балок зі швелера № 6,5 по всій довжині рами між шворневими балками.

Для розвантаження і посилення зварювальних швів рама має ребра, які виготовляються з прокату з низьколегованої сталі марки 09Г2С.

На шворневих балках є отвори для шворня п’ятникових опор. В місцях установки п’ятників та ковзунів встановлені ребра жорсткості.

На поздовжніх балках рами є 12 скоб для лісових стійок.

Також в рамі є косинки та накладки для розвантаження і посилення зварювальних швів. У поперечних балках також передбачені овальні отвори для монтажу трубопроводів.

Настил підлоги виконаний з дубових дошок товщиною не менше 50 мм та армований по периметру кутником 60×60 мм.

Між поздовжніми балками розташовані гнізда міжвагонних зчепів, що приклепані до балок електрозаклепками.

Для кріплення обладнання до рами приварені кронштейни та додаткові балки, виготовлені з різних профілів. Всі несучі деталі рами виконані із сталі 09Г2С, 10ХНДП і 10Г25Д,

В конструкцію рами кузова входять також різні косинки, скоби, ребра, кронштейни для підвішування обладнання, електричних та пневматичних апаратів і для підвішування трубопроводів внизу рами.

Раму кузова зварюють за допомогою спеціальних кондукторів, що виключає можливість перекосів і забезпечує більшу точність виготовлення.

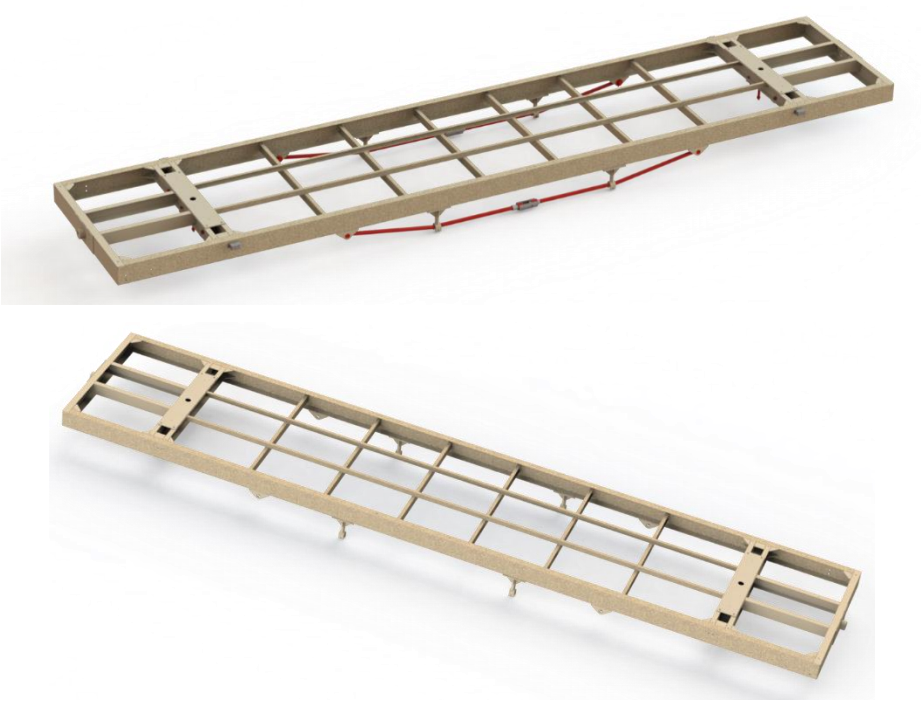


Рисунок 3.4 – Рама вагону колії 750 мм

Матеріали, що застосовуються для виготовлення платформи. Настил підлоги виконаний з дубу згідно вимог КД. Простругані дошки закладаються поперек поздовжньої осі вагону та кріпляться до рами платформи за допомогою болтів М12×80, гайок М12 згідно ДСТУ ГОСТ 5915 та притискних шайб.

Балки поздовжні виготовлені з прокату з низьколегованої сталі марки 09Г2С згідно ДСТУ 3436 (ГОСТ 8240) категорії 12, класу міцності не нижче 295 ДСТУ 8541.

Балки шкворневі, торцеві і поперечні виготовлені з прокату з низьколегованої сталі марки 09Г2С згідно ДСТУ 3436 (ГОСТ 8240) категорії 12, класу міцності не нижче 325 ДСТУ 8541.

Решта підкріплюючих елементів рами виготовлена з прокату з низьколегованих сталей марок 09Г2, 09Г2С категорії 12, класу міцності не нижче 295. Допускається заміна прокату на прокат тих же марок сталей більш високого класу міцності і категорії.

Труби для гальмівної повітряної магістралі виконані зі Сталі 20 згідно ГОСТ 8734.

Піввагон.

Основні параметри і розміри піввагона наведені у табл. 3.2. Інші значення вказані в КД на піввагон.

Таблиця 3.2 – Основні параметри і розміри піввагона

Найменування параметру		Значення
1		2
1	Вантажопідйомність, т	20,0
2	Маса тари, т	10,55
3	Площа підлоги, $м^2$	19,25
4	Об’єм кузову, $м^3$	27,49
5	База, мм	
	а) напіввагона	7600
	б) візка	1200
6	Довжина, мм	
	а) по осям зчеплення автозчепів	11002
	б) по буферним брусам	10230
	в) кузова всередині	10121
7	Ширина, мм	
	а) максимальна	2314
	б) по кінцевим балкам рами	2010
	в) кузова всередині	1902
8	Висота бортів, мм	1428
9	Висота від рівня головок рейок, мм	
	а) максимальна	2228
	б) до підлоги	800
	в) до осі автозчепів	620
10	Кількість осей, шт.	4
11	Максимальне розрахункове статичне навантаження від колісної пари на рейки, кН	74,9
12	Конструкційна швидкість, км/год	60
13	Перспективна швидкість, км/год	80
14	Габарит згідно ДСТУ Б ГОСТ 9720	Ту

Піввагон (рис. 3.5) за показниками надійності відноситься до виробів конкретного призначення (ВКП) вид І, які відновлюються.

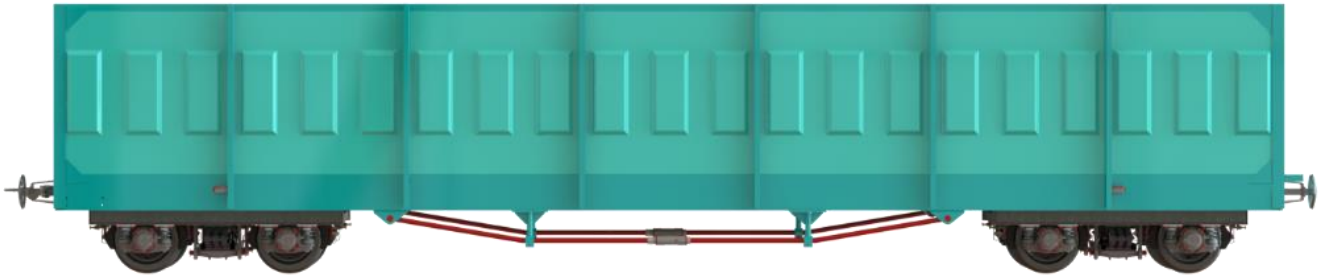


Рисунок 3.5 – Піввагон

Призначений термін служби піввагона – 32 роки. Після закінчення призначеного терміну служби експлуатація піввагон повинна бути припинена незалежно від його технічного стану, після чого за результатами технічного діагностування повинно бути прийнято рішення, передбачене відповідними нормативними документами: виключення з інвентарю або встановлення нового призначеного терміну служби з проведенням необхідних ремонтів і модернізацій.

Призначений термін служби піввагона після побудови до першого капітального ремонту – 13 років.

Кузов піввагона. Кузов піввагона (рис. 3.6) являє собою зварну конструкцію, що складається з двох бокових стін, двох бокових завантажувальних люків, двох торцевих стін, рами і настилу підлоги.

Бокова стіна кузова складається з каркаса і металевої обшивки.

Каркас стіни зварений з восьми стійок (двох кутових і шести проміжних, пов'язаних верхньою і нижньою обв'язками). Проміжні стійки піввагона виготовлені зі швелера №8. Кутові стійки піввагона виконані зі сталі марки Ст3сп згідно ДСТУ 2651/ГОСТ 380.

Металева обшивка товщиною 4 мм приварена до каркаса з внутрішньої сторони кузова та виконана з листів металу марки Ст3сп. Верхня та нижня обв'язки каркаса виконані зі сталі марки Ст3сп.

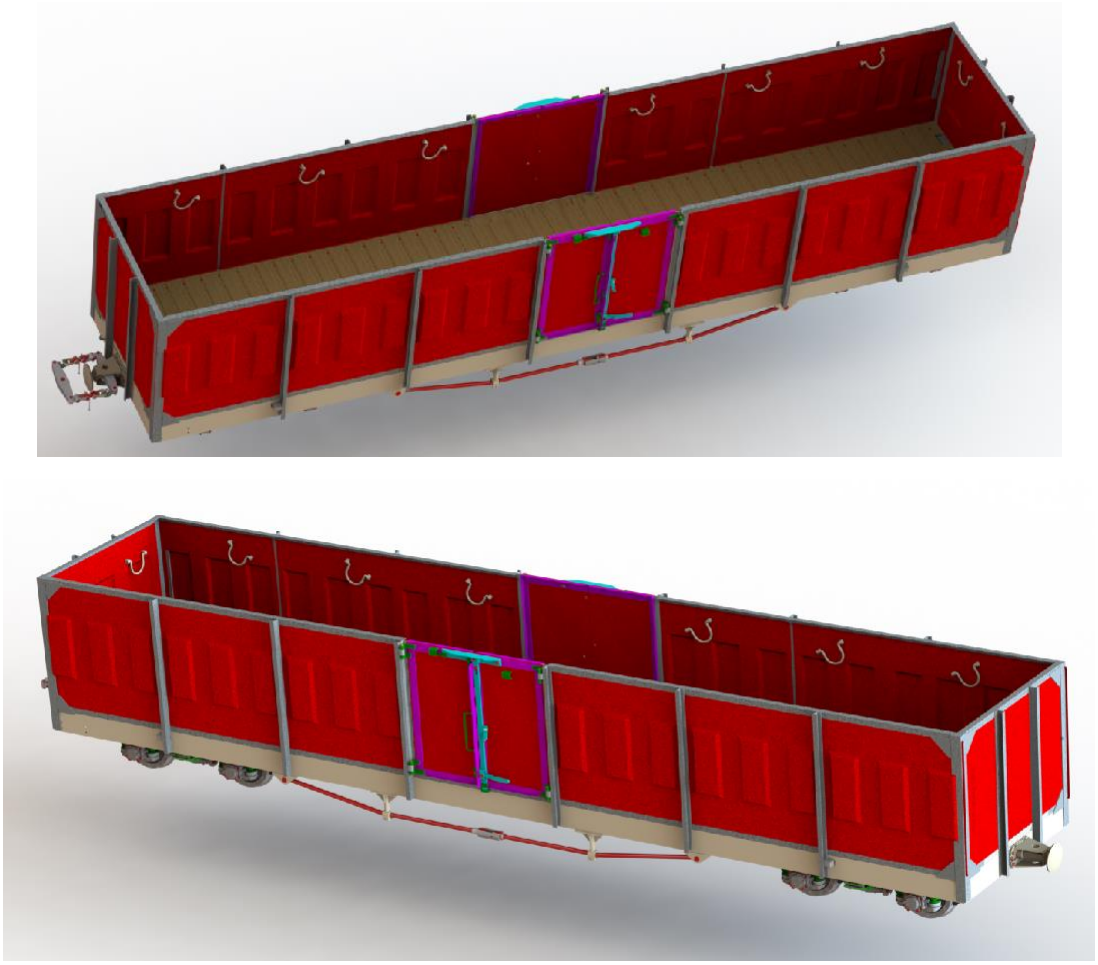


Рисунок 3.6 – Кузов піввагона

Каркас складається з верхньої і нижньої обв'язки, двох кутових та двох проміжних стійок. Проміжні стійки піввагона виготовлені зі швелера №8. Кутові стійки піввагона виконані зі сталі марки Ст3сп згідно ДСТУ 2651 / ГОСТ 380.

Металева обшивка товщиною 4 мм приварена до каркаса з внутрішньої сторони кузова та виконана з листів металу марки Ст3сп.

Верхня та нижня обв'язки каркаса виконані зі сталі марки Ст3сп.

З'єднання верхніх та нижніх обв'язок торцевих і бічних стін посилені куточками, які виконані зі сталі марки Ст3сп.

Для ув'язування і кріплення вантажу всередині кузова піввагона бокові та торцеві стіни повинні бути обладнані ув’язувальними скобами згідно ОСТ 24.151.09.

Кожна бокова стіна має у своєму складі завантажувальний люк (рис. 3.7), виконаний з листів металу марки Ст3сп, що складається з двох стулок, кожна з яких кріпиться шарнірно до проміжних стійок кузова піввагона за допомогою двох петель. Для утримання у закритому положенні завантажувальні люки оснащені засувами.

Рисунок 3.7 – Завантажувальний люк піввагона

Глухі торцеві стіни (рис. 3.8) мають суцільнометалеву конструкцію, жорстко приварену до бічних стін. Торцева стіна складається з каркаса і металевої обшивки.

Рисунок 3.8 – Бічні і торцеві стінки кузова вагона

Рама кузова піввагона. Рама кузова зварна, служить його опорою на ходові частини.

Рама піввагона (рис. 3.9) складається з двох поздовжніх балок (виконаних зі швелера №24); двох торцевих балок (виконаних зі швелера №24); шістьох середніх поперечних балок (виконаних зі швелера №10); двох шворневих балок, виконаних з чотирьох швелерів №16 та накритих листами товщиною 10

мм, що утворює коробчастий перетин балок у середній частині; двох посилених поздовжніх балок, що виконанні зі швелера №16, які розташовані між шворневими балками та торцевими балками з обох сторін рами з метою передачі поздовжніх навантажень на бічні пояси рами і стінки кузову; двох поздовжніх балок зі швелера №6,5 по всій довжині рами між шворневими балками.

Для розвантаження і посилення зварювальних швів рама має ребра, які виготовляються з прокату з низьколегованої сталі марки 09Г2С.

На шворневих балках є отвори для шворня п’ятникових опор, що з’єднують кузов з візками.

Несучі елементи рами повинні витримувати розрахункові навантаження, включаючи навантаження, що виникають при проведенні вантажно-розвантажувальних робіт, без пошкодження в період усього терміну служби.

Рисунок 3.9 – Рама піввагона

Основні розміри рами наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Основні розміри рами

Найменування параметру	Значення
1 Довжина рами, мм	10230
2 База рами, мм	7600
3 Ширина рами, мм	2010

Настил підлоги виконаний з дубових дошок товщиною не менше 50 мм та армований по периметру кутником 60×60 мм.

Матеріали, що застосовуються для виготовлення піввагона. Матеріали, що застосовуються для виготовлення напіввагона, повинні відповідати вимогам робочих креслень, КД, ТУ, відповідних стандартів і ТУ та супроводжуватися сертифікатами якості та іншими необхідними документами підприємств-постачальників.

Настил підлоги (рис. 3.10) виконаний з дубу згідно вимог КД. Простругані дошки закладаються поперек поздовжньої осі напіввагону та кріпляться до рами напіввагона за допомогою болтів М12×80, гайок М12 згідно ДСТУ ГОСТ 5915 та притискних шайб.

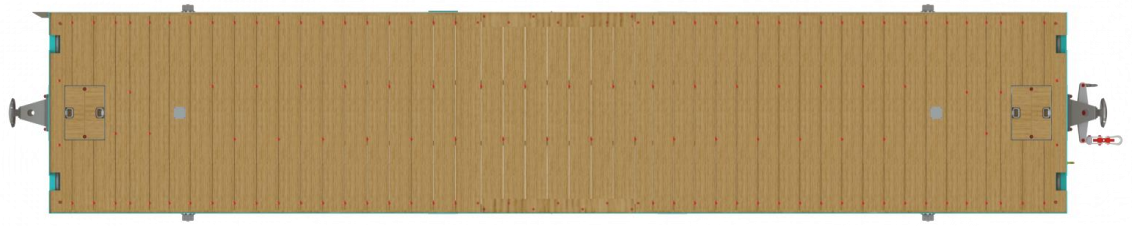


Рисунок 3.10 – Настил підлоги

Балки поздовжні виготовляються з прокату з низьколегованої сталі марки 09Г2С згідно ДСТУ 3436 (ГОСТ 8240) категорії 12, класу міцності не нижче 295 ДСТУ 8541.

Балки шкворневі, торцеві і поперечні виготовляються з прокату з низьколегованої сталі марки 09Г2С згідно ДСТУ 3436 (ГОСТ 8240) категорії 12, класу міцності не нижче 325 ДСТУ 8541.

Решта підкріплюючих елементів рами виготовляються з прокату з низьколегованих сталей марок 09Г2, 09Г2С категорії 12, класу міцності не нижче 295. Допускається заміна прокату на прокат тих же марок сталей більш високого класу міцності і категорії.

Сталеві виливки повинні відповідати вимогам, зазначеним в КД.

Труби для гальмівної повітряної магістралі виконуються зі Сталі 20 згідно ГОСТ 8734.

Візок вагонів колії 750 мм та його елементи.

Кожен вагон має два двовісні візки з двома ступенями підвішування.

Візок, як відомо, є ходовою частиною і призначений для передачі вертикальних навантажень від кузова на колію, і передачі вертикальних навантажень на кузов вагона [14, 17, 29, 39].

Візки розташовані по кінцях вагона на однаковій відстані від його центру і не пов'язані між собою. Відстань між центрами двох осей колісних пар називається базою візка і складає 1200 мм. Від бази візка і довжини кузова залежить мінімальний радіус колії, в який може вписатися вагон. Відстань між поперечними осями візків називається базою вагона. Вона дорівнює 7000 мм.

На кожному вагоні встановлено два двовісні візки з подвійним підресорюванням, тобто з подвійним ресорним підвішуванням – центральним та буксовим (рис. 3.11).

Вага візка 1600 кг. Кожен візок – поворотний, шарнірно з'єднується з кузовом вагона за допомогою п'ятникової опори, навколо якої він може повертатися в горизонтальній площині. При цьому осі колісних пар будуть встановлюватися по радіусу кривої повороту, що зменшує кут набігання коліс на рейки і знос колеса і головки рейки.

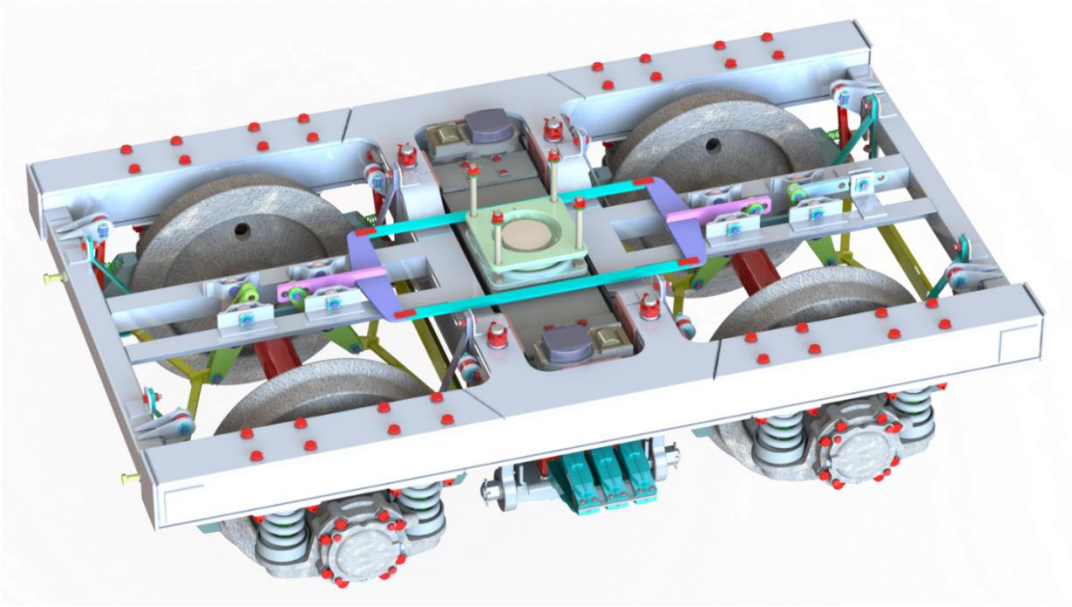


Рисунок 3.11 – Візок вантажного вагона колії 750 мм

Основні параметри і розміри візків повинні відповідати значенням наведеним у таблиці 3.4. Інші значення вказані в КД на піввагон та КД на візок.

Таблиця 3.4 – Основні параметри і розміри візків

Найменування параметру	Значення
1 База візка, мм	1200
2 Висота від рівня головок рейок до опорної поверхня підп’ятника в порожньому стані, мм	502
3 Відстань між осями ковзунів, мм	890
4 Максимальне розрахункове навантаження від колісної пари на рейки, тс (кН)	9 (88,3)
5 Статичний прогин ресорного підвішування, мм	8
6 Конструктивна швидкість, км/год	60
7 Діаметр підп’ятника, мм	220
8 Маса, т	1,5
9 Ширина колії, мм	750
10 Габарит згідно з ДСТУ Б ГОСТ 9720	Ту

Рама візка. Рама візка (рис.3.12) сприймає вагу кузова з вантажем і рівномірно розподіляє його між колісними парами. Рама сприймає також тягові та гальмові зусилля від колісних пар і передає їх кузову. Крім того, на раму діють додаткові навантаження, які зумовлені нерівностями колії, звивистим рухом колісних пар, відцентровою силою, що виникає в кривих ділянках колії, та ін. Також, рама є сполучною ланкою між центральним та буксовим підвішуванням.

Діючі на раму сили викликають розтяг та вигин її елементів у вертикальній і горизонтальній площинах, а також їх кручення, тому конструкція рами повинна мати достатню міцність.

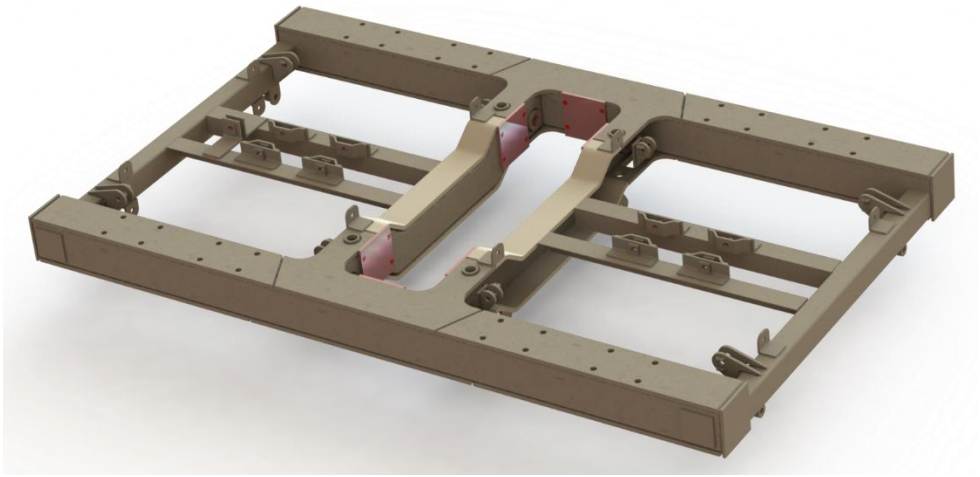


Рисунок 3.12 – Рама візка

Рама візка суцільнозварна, що дає змогу значно зменшити її масу без зниження міцності. Вона виконана з двох поздовжніх і двох поперечних торцевих балок, зварених встик і двох поперечних середніх балок виконаних з профільних листів, а також чотирьох кутиків до яких кріпляться кронштейни для підвіски важелів гальмової передачі.

Балки рами − порожнисті, коробчастого перерізу.

На поперечних середніх балках вварюють по 4 втулки для підтримки підресорної планки та обмежувача. На поперечних торцевих балках приварені кронштейни для кріплення гальмових колодок.

Кузов спирається на два візки через п'ятникові опори (рис. 3.13) з зносостійкими пружними вкладками, які розташовані на надресорних балках візків (рис. 3.14).

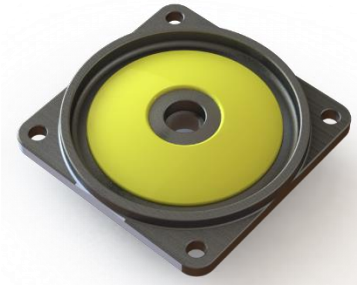


Рисунок 3.13 – Підп’ятник з зносостійкою пружною вкладкою

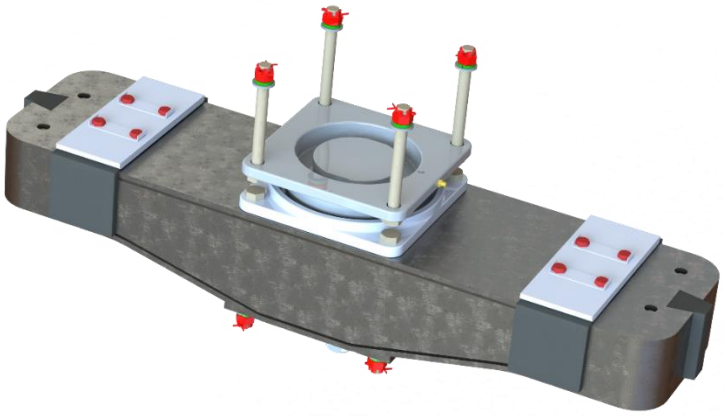


Рисунок 3.14 – Надресорна балка з п’ятниковим вузлом

Надресорна балка (брус) встановлюється в отвори між поперечними балками рами візка (рис. 3.15).

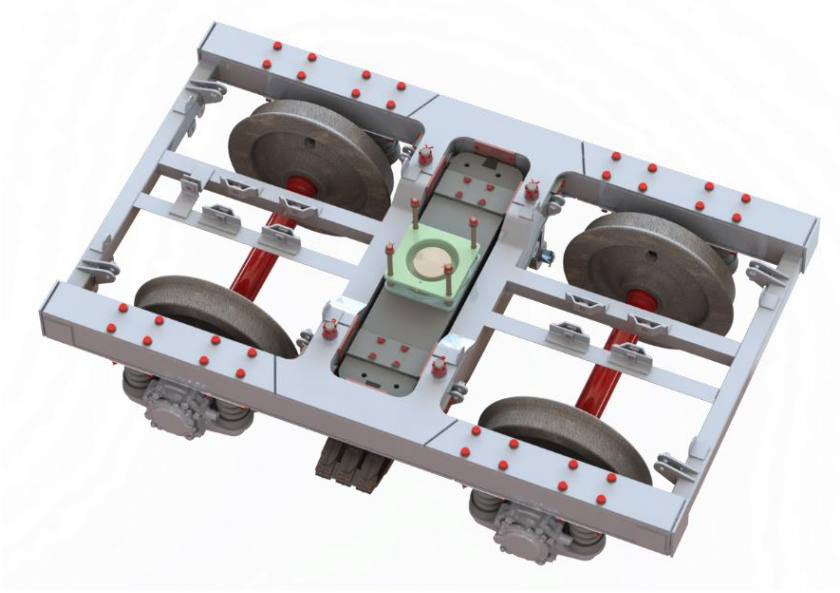


Рисунок 3.15 – Рама візка з надресорною балкою

Для обмеження розгойдування кузова на кінцях надресорної балки встановлені пружно-каткові ковзуни постійного контакту. Плоскі ковзуни обмежують переміщення надресорного бруса між поперечними балками рами візка.

П’ятникова опора (рис. 3.17) складається з п’ятника (рис. 3.16), підп’ятника зі зносостійкою пружною вкладкою, шворня зі зносостійкою пружною вкладкою (рис. 3.18), маслянкою та елементів кріплення.

Рисунок 3.16 – П’ятник

Рисунок 3.17 – П’ятникова опора

Рисунок 3.18 – Шворінь із зносостійкою пружною вкладкою

П’ятник має сферичну поверхню для полегшення входження вагона у криві. Підп'ятник також має сферичну опорну поверхню, тільки увігнуту (у вигляді чаші) в нижній частині підп'ятника є центруючий виступ, у який

входить зносостійка пружня вкладка. В нижній частині підп'ятника є центруючий виступ, який входить в отвір надресорної балки.

Зносостійка пружна вкладка підп’ятника являє собою шайбу, для запобігання від зношування робочих поверхонь у парах тертя п’ятник-підп'ятник та п’ятник-шворінь. Товщина вкладки від 5 до 10 мм.

Ресорне підвішування. Ресорне підвішування − це пружний комплект, який служить для пом'якшення і часткового гасіння коливань, що виникають під час руху вагона по нерівностям колії, а також забезпечує плавність ходу вагона і повернення кузова в нормальне положення після проходження кривої ділянки колії. У центральному підвішуванні візків піввагонів застосовуються еліптичні ресори (рис. 3.19), які складаються з двох половин – верхньої та нижньої. Еліптична ресора складається з восьми листів перерізом 51×10 мм (рис. 3.20).

а) б)

Рисунок 3.19 – Еліптичні ресори:

а) зовнішня пружина, б) внутрішня пружина

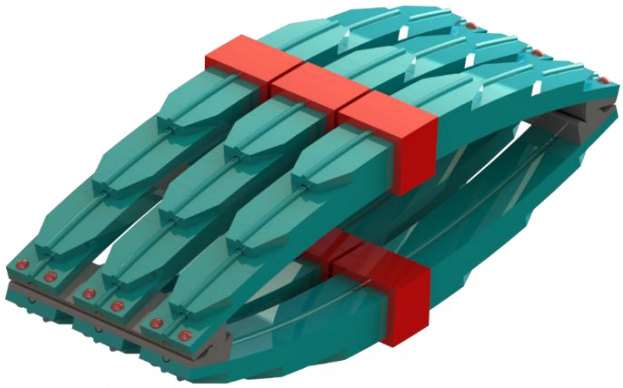


Рисунок 3.20 – Еліптична ресора у зборі

У візку застосовано подвійне ресорне підвішування: буксове та центральне.

Буксове підвішування (рис. 3.21) служить для підресорювання рами візка відносно колісних пар і колії. В якості ресор в буксовому підвішуванні застосовані витi циліндричні пружини.

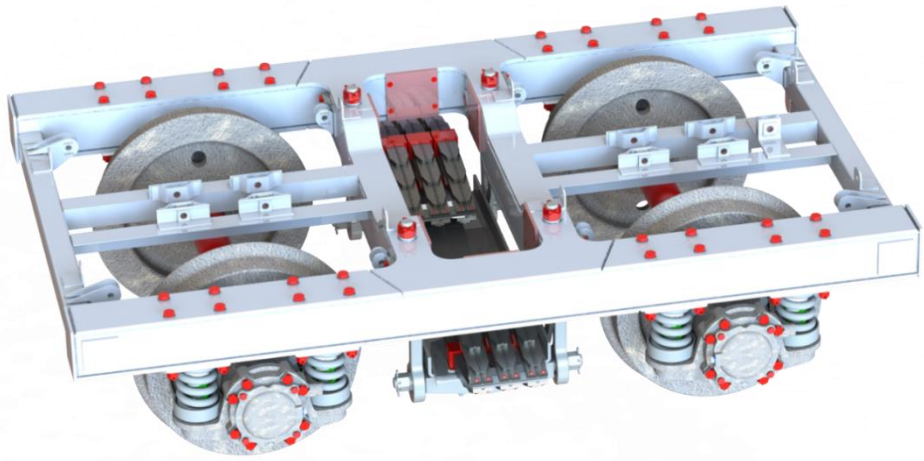


Рисунок 2.21 – Буксове та центральне підвішування

Центральне підвішування (рис. 2.22) призначено для підресорювання кузова вагона відносно рами візка.

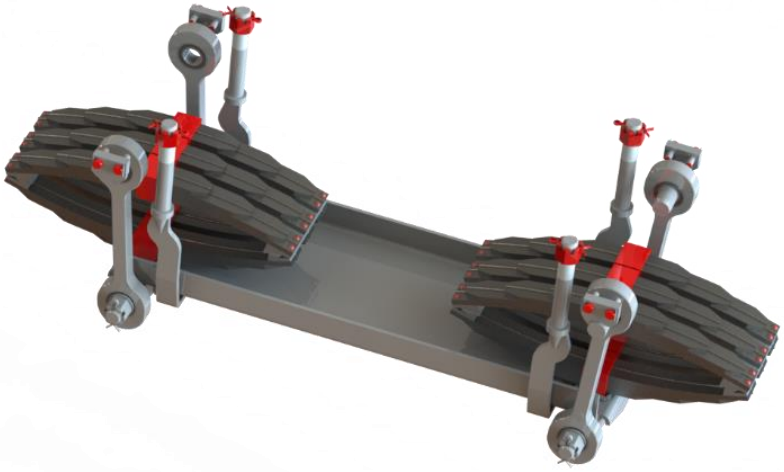


Рисунок 3.22 – Центральне підвішування

Надресорна балка спирається на два комплекта еліптичних пружин, які встановлені в циліндричні виїмки у піддоні.

На кінцях піддону є два масивних вушка з отворами під комбіновані валики піддону. На бічних площинах піддону з обох сторін приварені по два

виступи, в разі обриву підвісок піддон ляже на дві запобіжні скоби, а виступи не дадуть змоги випасти піддону з запобіжних скоб. Скоби кріпляться до спеціальних кронштейнів, які закріплені на поперечній балці рами візка.

Колісні пари. Колісні пари служать для перетворення обертального руху валів тягових двигунів в поступальний рух вагона. Колісні пари є найбільш відповідальними вузлами візків, оскільки сприймають все навантаження від ваги кузова з усім його устаткуванням, обладнанням та пасажирами, тягові та гальмові зусилля, а також направляє вагон по колії.

Колісна пара повинна відповідати вимогам КД і складатися з осі марки стали ОС згідно ДСТУ ГОСТ 4728 та двох суцільнокатаних коліс діаметром 540 мм зі сталі марки 20Л згідно ДСТУ ГОСТ 10791 (ГОСТ 10791).

Від правильного утримання та експлуатації колісних пар залежить безпека руху, тому конструкція, технологія виготовлення, утримання та ремонт колісних пар мають відповідати встановленим вимогам.

Колісна пара (рис. 3.23) складається з осі і суцільнокатаних коліс. Діаметр колеса 540 мм.

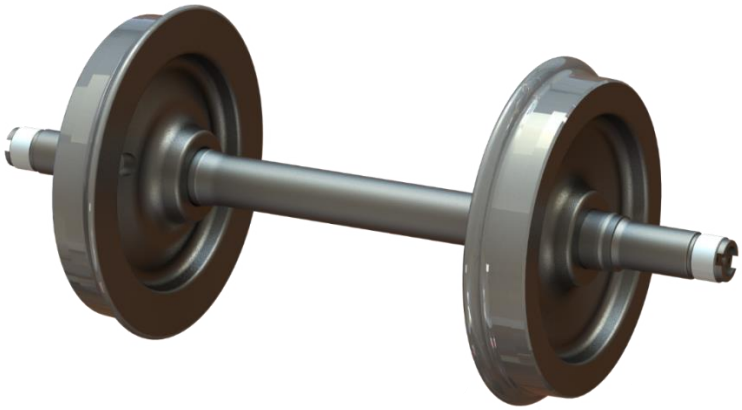


Рисунок 3.23 – Колісна пара

Ось колісної пари (рис. 3.24) являє собою брус круглого перерізу. Діаметр вісі колісної пари по довжині неоднаковий.

Рисунок 3.24 – Ось колісної пари

На підматочинні частини напресовують колеса, тому, крім напружень вигину і кручення, вони сприймають ще напруження стиснення від напресованих на них колісних центрів.. На передпідматочинній частині насаджують задню кришку з лабіринтним кільцем для ущільнення корпусів букс. Кінцеві частини осі – шийки сприймають вертикальне навантаження від ваги вагона. На шийки в гарячому стані напресовують внутрішні кільця буксових підшипників. Різьбові частини на кінцях осі призначені для загвинчування осьових гайок, якими закріплюють підшипники букс.

Для запобігання концентрації напружень всі спряження ділянок з різними діаметрами виконують плавними. Такі переходи називають – галтелями.

Ось колісної пари виготовляють з вуглецевої сталі марки сталь ОС ДСТУ ГОСТ 4728:2014. Основні параметри наведені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Основні параметри і розміри осі колісної пари

Елемент осі	Розмір
Діаметр різьбової частини	М 105
Діаметр шийки. мм	110
Діаметр передпідматочиної частини, мм	145
Діаметр підматочиної частини, мм	165
Діаметр середньої частини, мм	150
Довжина осі, мм	2302 + 2
Відстань між внутрішніми гранями бандажів, мм	1440 ± 3

На середній частині осі є керно глибиною 2 мм, відносно якого за допомогою спеціальних шаблонів визначають місця розташування на осі елементів колісної пари при напресуванні.

Суцільнокатані колеса. У суцільнокатаних коліс (рис. 3.25) обід з гребнем, диск і маточина складають одне ціле. Виготовляють їх з твердої вуглецевої сталі (типу бандажної) за особливою технологією, що полягає в нагріванні заготовок до кувальної температури – 1300 °С, багаторазового обтискання під гідравлічними пресами та прокатки обода роликами на спеціальному колесопрокатному стані, в результаті чого підвищується міцність.

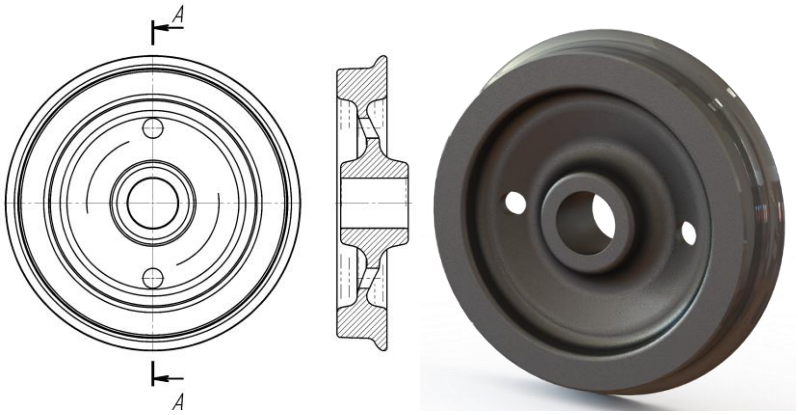


Рисунок 3.25 – Суцільнокатане колесо

У диску, що має конусоподібну форму, просвердлюють два отвори, за допомогою яких колесо в процесі обробки приводять в обертання; вони ж служать для транспортування коліс і колісних пар. Механічна обробка коліс виконується в два етапи.

На першому етапі колесо готують до посадки на ось, оброблюють торці маточини, розточують отвір, частково оброблюють внутрішню грань обода з метою виявлення дефектів, вирівнюють площини, встановлюють точні місця для установки запресувального шаблону.

На другому етапі обробку коліс виконують після їх напресування на вісь: сформовану колісну пару встановлюють на колісно-токарний верстат для обточування коліс за профілем і колом кочення, за розміром відстані між внутрішніми гранями бандажів.

Перевагами суцільнокатаних коліс є:

- збільшена міцність колеса;

- відсутність посадочного бандажа, що виключає роботи по обточуванні, підбору натягів, нагріванню, посадці, установці кільця і його завальцюванні;

- полегшення спостереження за колесами в експлуатації;

- підвищення безпеки руху, оскільки немає небезпеки провороту бандажу, ослаблення посадки або розрив бандажу;

- зниження ваги − приблизно на 50 кг на одне колесо.

Буксовий вузол. Букси (рис. 3.26) служать для передачі ваги кузова з візками на шийки осей колісних пар, а також тягових і гальмівних зусиль від колісних пар на рами візків.

Буксовий вузол візка складається з букси-балансира з роликовими підшипниками, змонтованої на шийці осі колісної пари, циліндричних пружин, що спираються через гумові шайби на кронштейни букси, а з другої сторони – в сталеві шпінтони.

Рисунок 3.26 – Загальний вигляд буксового вузла

Букси монтуються на шийках осі колісної пари (рис. 3.27). Вони служать опорами для пружин буксового підвішування, а також для передачі зусилля від ваги кузова і пасажирів на вісь колісної пари, колеса і далі на колію.

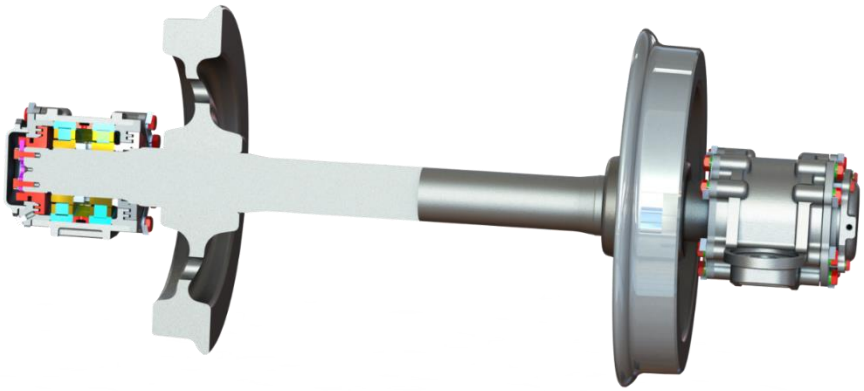


Рисунок 3.27 – Колісна пара з буксовими вузлами

Всередині корпусу букси розміщені два циліндричних роликових підшипника, завдяки яким знос шийки колісної осі практично відсутній, так як під час обертання осі тертя відбувається між роликами і зовнішніми поверхнями внутрішніх кілець підшипника, які насаджені на шийку осі.

Гальмівне обладнання. Гальмове обладнання є одним з найвідповідальніших вузлів вагона. Гальмове обладнання вагона призначене для створення штучного опору руху, зупинки та утримання складу від скочування під час стоянки вагону.

Вагони обладнані автоматичним пневматичним гальмом, який є основним гальмом, що працює від стисненого повітря, і приводом ручного гальма, який є резервним.

Гальмівне обладнання піввагонів забезпечує накопичення і пропуск стисненого повітря, що подається від локомотива, а також сприйняття, реалізацію та передачу (трансляцію) сигналів управління процесами гальмування і відпуску, що надходять по гальмівній магістралі.

Гальмівна система вагона включає в себе:

- повітропровід, виконаний зі Сталь–20;
- трійник, виконаний зі Сталь–60;
- повітророзподільник № 270 – пневматичний, виконаний зі Ст3пс;
- гальмівний циліндр № 508Б згідно ДСТУ ГОСТ 31402 (ГОСТ 31402), виконаний зі Ст3сп;

- повітряний резервуар Р7-38 згідно ГОСТ 1561, виконаний зі Ст3сп;
- кінцеві крани №4313 згідно ТУ 24.05.054, виконані зі Ст3сп;
- крана роз'єднувального № 379, виконаного зі Ст3сп;
- регулятори РТРП-675 згідно ТУ 24.05.928;
- з’єднувальні рукава Р14 згідно ГОСТ 2593;
- ГВП з двостороннім натисканням колодок на колеса;
- стоянкове гальмо з ручним приводом.

Вузли та елементи гальмового обладнання, що підлягають огляду та перевірці під час експлуатації, мають бути доступні для візуального огляду.

Магістральний повітропровід відповідає вимогам КД, ГОСТ 8734 і виконаний з двох ділянок труб, з’єднаних трійником та кріпиться на рамі по всій його довжині за допомогою кронштейнів та скоб.

Різьба на трубопроводах виконана методом накатування.

Кінцеві крани встановлені під кутом 60° до вертикалі своїм відростком у сторону поздовжньої осі вагона і закріплені скобами. Це покращує їх роботу в кривих ділянках колії.

Регулювання ГВП, перевірка працездатності гальмівних приладів, щільності повітропроводу здійснюється відповідно з Інструкцією №ЦВ-ЦЛ-0013 або з відповідним СТП.

Гальмо стоянкове з ручним приводом забезпечує повне зачеплення зубів черв'ячної пари в робочому положенні і повне розчеплення в неробочому положенні.

Конструкція стоянкового гальма згідно КД передбачає можливість швидкого відпустки гальма без обертання штурвала, а також фіксацію останнього в робочому та неробочому положеннях.

Гальмівне обладнання на візку. До гальмівного обладнання (рис. 3.28) відносять гальмові колодки, тріангелі гальмової передачі та їх привід [39]. На кожному візку вагона є чотири незалежних вузла для тріангелів гальмової передачі, що діють від пневматичного або ручного приводу на кожне колесо вагона і забезпечують двостороннє натискання колодок на бандажі коліс.

Гальмова важільна передача служить для передачі зусилля від пневматичного або ручного приводу до гальмівних колодок.

Вертикальний важіль, який не має мертвої точки, підвішують до тяги гальмівної передачі вагону за допомогою валика, який одночасно поєднує важільну гальмівну передачу візка з гальмівною передачею вагона.

Тріангелі встановлені по відношенню до колеса з деяким нахилом, тому при відпуску гальм колодки від коліс самі не відводяться. Для відводу колодок від коліс встановлюють відгальмовуючі пружини.

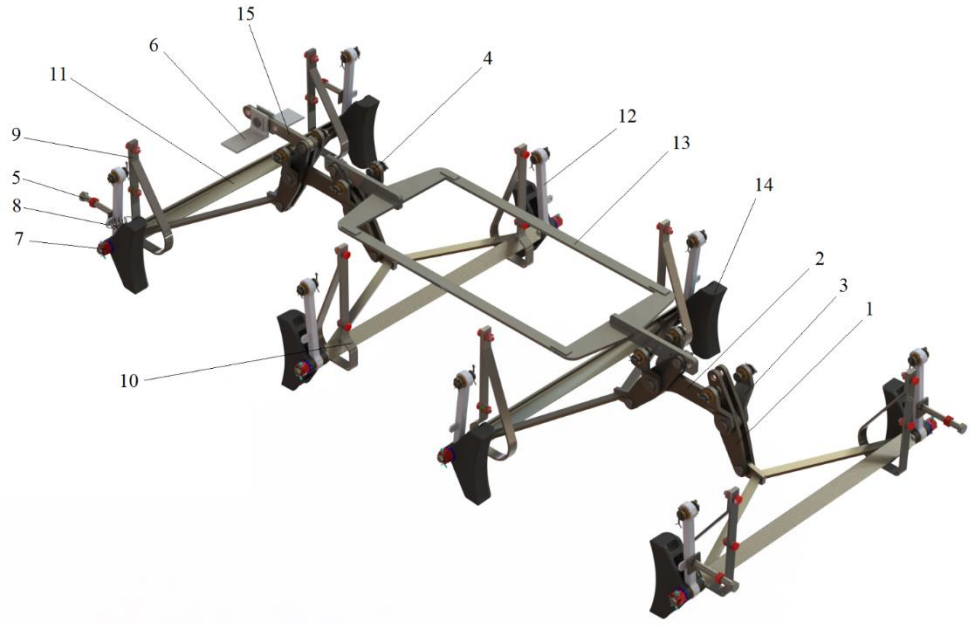


Рисунок 3.28 – Елементи важільної гальмівної передачі візка:
1 – вертикальний важіль; 2 – важіль горизонтальний; 3 – важіль з'єднувальний; 4 – валик; 5 – регулювальний гвинт; 6 – кронштейн кріплення гальмівного пристрою; 7 – фіксатор положення гальмівної колодки; 8 – пружина гальмівного пристрою; 9 – запобіжник тріангеля; 10 – запобіжник тріангеля; 11 – тріангель; 12 – тяга; 13 – важіль центральний; 14 – гальмівна колодка; 15 – важіль

Всі деталі для гальмівної передачі сталеві, за винятком гальмівних колодок, які можуть бути або чавунними або виготовленими з інноваційних

композиційних матеріалів. В залежності від матеріалу гальмівної колодки за допомогою валиків налаштовують гальмівну передачу візка.

Гальмівна колодка являє суцільно чавунний башмак або штампований сталевий башмак, на який напресовується методом гарячого формування фрикційна маса. Фрикційна маса виготовляється на каучуковій або композиційній основі. Колодки гребневі, тобто мають додаткову бічну частину для обхвату гребня бандажу, що перешкоджає сповзанню колодки по конусній частині бандажу.

На робочій поверхні колодок для кращого охолодження є коса канавка, що розділяє на дві частини поверхню тертя. Товщина нових колодок становить від 40 до 45 мм, а зношуються вони до товщини 12 мм. Після зносу колодок залишки маси випалюють в печах, а тильники використовують знову для напресування на них нових колодок. Середній термін служби гальмівної колодки становить 4 роки.

Паралельність положення гальмівних колодок відносно поверхні колеса та їх поворот регулюють за допомогою стрижнів фіксаторів гальмівних колодок.

Коефіцієнт тертя гальмівних колодок $-0{,}4$. Однак він знижується при нагріванні колодок, а також в сиру погоду на відкритих ділянках лінії. Іншим недоліком пластмасових колодок є їх погана теплопровідність. З цієї причини на поверхні кочення утворюється сітка тріщин термічного походження.

Проведені роботи з дослідження матеріалів гальмівних колодок зводяться до стабілізації коефіцієнта тертя незалежно від вищевказаних чинників. В склад фрикційної маси колодок на каучуковій основі входить тертий каучук, залізний сурик, окис цинку, барит та ін. До складу композиційних колодок додатково входить набір різних пластичних мас, включаючи синтетичні смоли. За хімічним складом композиційні гальмівні колодки не містять матеріалів у кількості, що перевищують допустимий рівень шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Регулювання положення гальмівних колодок (рис. 3.29) здійснюється наступним чином: для цього необхідно відвернути контргайку і обертаючи гайку в одну або іншу сторону перемістити стрижень по втулці. Колодка з’єднана зі стрижнем за допомогою пальця, який кріпиться до колодки вище основного валика. Тому гальмівна колодка почне повертатися відносно основного валика.

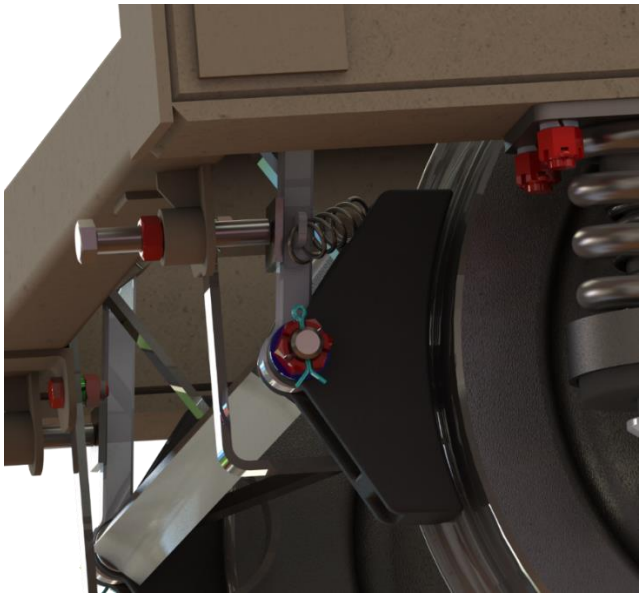


Рисунок 3.29 – Вузол регулювання положення гальмівних колодок

Верхні зазори між колодками і колесом повинні бути виставлені в межах від 10 до 12 мм, а нижні – від 4 до 6 мм.

Гальмівне обладнання на вагоні. До гальмового обладнання вагона (рис. 3.30) відносять наступні елементи:

1) Повітророзподільник 270 (рис. 3.31);
2) Гальмівний циліндр 508Б (рис. 3.32);
3) Повітряний резервуар (рис. 3.33);
4) Ручне гальмо (рис. 3.34)
5) Важільна передача;
6) Повітропровід з кінцевими кранами.

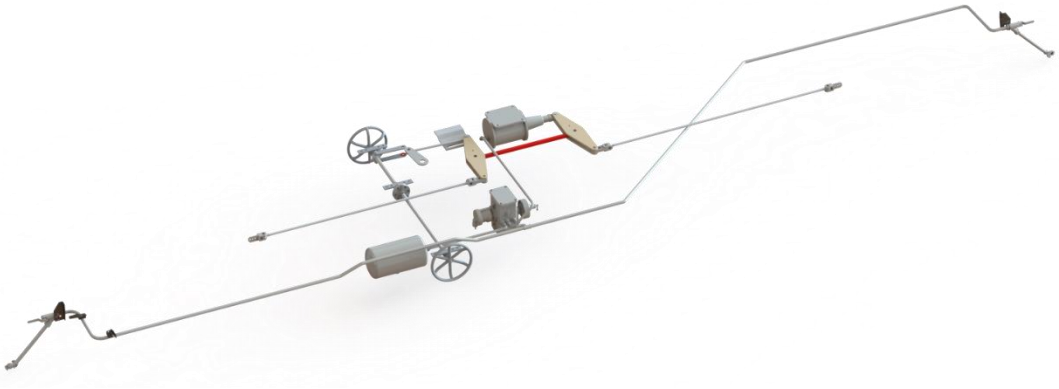


Рисунок 3.30 – Загальний вид гальмівної системи вагона

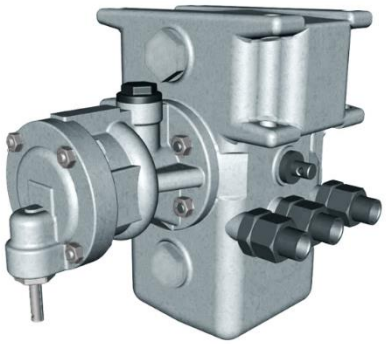


Рисунок 3.31 – Загальний вигляд повітророзподільника №270

Гальмівний циліндр служить для створення гальмівного зусилля на ободі колісної пари і є приводом гальмівної важільної передачі для забезпечення гальмування.

На кожному вагоні по одному гальмівному циліндру. Він встановлений на плоскому кронштейні на рамі вагона. Кожен циліндр кріпиться за допомогою шести болтів.

Поршень з манжетами і штоком встановлюється в корпус зварної конструкції, що складається з труби з привареними фланцем і дном. В дно вварена бонка з різьбою для під’єднання трубопроводу.

На горловині кришки циліндра є сітчастий фільтр з волосяною набивкою і повстяний сальник під направляючу трубу.

Між поршнем та кришкою встановлена зворотна пружина.

При гальмуванні з гальмівного циліндра виходить не тільки шток, а й труба, в якій він знаходиться. Кульова опора на штоку необхідна для переміщення штока в вертикальній площині, так як через валик вилки шток

з’єднаний з кінцевим важелем, а при гальмуванні його верхній кінець рухається по дузі.

Атмосферне вікно необхідно для виключення створення тиску повітря з протилежного боку від поршня або розрядження повітря при ході поршня гальмівного циліндра в одну або іншу сторону.

Різниця виходу штоків гальмівних циліндрів на одному візку допускається не більше ніж 5 мм.

Рисунок 3.32 – Загальний вигляд гальмівного циліндра 508Б

Рисунок 3.33 – Повітряний резервуар

Рисунок 3.34 – Ручне гальмо

Крім пневматичного приводу важільна гальмівна передача на спроектованих вагонах забезпечена ручним приводом. Ним користуються при

тривалій стоянці поїзда або при відсутності тиску стиснутого повітря в повітряних магістралях.

Ручне (стоянкове) гальмо складається з колонки, яка встановлена внизу рами вагона з лівого та правого боків та системи розташованих на кузові важелів і тяг, що зв'язують колонку з важільною передачею візка.

Колонка ручного гальма складається з маховика з рукояткою, який через механічну передачу передає обертання гвинта.

Вздовж гвинта поступально вгору і вниз переміщається гайка, пов'язана тягами з важелем під рамою кузова. При обертанні маховика за годинниковою стрілкою важіль повертається навколо своєї осі, викликаючи переміщення тяги з регулювальною муфтою.

Передача зусилля від ручного гальма до гальмівних важелів здійснюється за допомогою тяги, які скріплені між собою валиками.

Робота важільної гальмівної передачі. Важільна гальмівна передача з пневматичним приводом діє таким чином.

Під дією стисненого повітря шток виходить з гальмівного циліндру і тисне на верхнє плече гальмового важеля. У нижньому шарнірі (мертва точка) відбувається його поворот.

Такий рух буде відбуватися до тих пір, поки гальмівна колодка не підійде до колеса, після чого мертва точка з нижнього шарніра перейде в шарнір підвіски гальмівної колодки. При подальшому русі верхнього плеча важеля в тому ж напрямку нижнє його плече почне переміщатися в зворотному напрямку разом з паралельними тягами, які приведуть в рух середній важіль, мертва точка якого знаходиться в точці його підвіски.

Надалі відбудеться натискання обох колодок на колесо з силою, що відповідає зусиллю на штоку гальмівного циліндра, помноженому на передаточне число важеля передачі.

При припиненні гальмування після виходу стислого повітря з гальмівного циліндру відбувається відпуск гальм, і гальмівні колодки відводяться від коліс під дією відгальмовуючої пружини. При гальмуванні відгальмовуюча пружина

отримує натяг, а при відпуску гальм натягнутий стан пружини призводить до відведення гальмівних колодок від коліс, встановлюючи їх у вихідне положення. Кінцевий важіль також стає у вихідне положення під дією поворотної пружини в гальмівному циліндрі.

Регулювання гальмівної передачі. По мірі зношування гальмівних колодок зазори між колодками і колесами, а також вихід штоків гальмових циліндрів збільшуються, і при гранично допустимих розмірах здійснюють регулювання передачі для кожного вузла окремо. При цьому враховують діаметри коліс, зменшення яких вимагає відповідного наближення гальмівних колодок. Це означає, що регулювання фактично зводиться до зміни робочої довжини тяг, що з'єднують важелі один з одним.

Грубе регулювання виконують перестановкою валиків середніх важелів у відповідні отвори нижніх паралельних тяг в залежності від діаметра коліс.

Валик з'єднання із середнім важелем повинен бути розміщений:

- при діаметрі колеса від 750 до 785 мм – першому (крайньому) отворі;
- менш ніж 750 мм – у другому (внутрішньому) отворі.

Точне регулювання здійснюють регулювальними гвинтами, які розташовані на нижніх паралельних тягах. Один оберт при затягуванні гвинта зменшує вихід штока гальмового циліндра в межах від 6 до 7 мм. Для кінцевого важеля з кінцевою колодкою проводиться також регулювання за допомогою регулюючої гайки і гвинта відгальмовуючого пристрою.

В першу чергу регулюють середній зазор між гальмовими колодками та колесом. Середній зазор повинен бути виставлений в межах від 7 до 8 мм.

Після, за допомогою фіксаторів положення гальмових колодок, регулюють верхні та нижні зазори між колодками і колесом.

Зчеплення вагонів. Кожен вагон обладнаний необхідною кількістю зчепів, які здійснюють механічне зчеплення вагонів, з'єднують повітряні магістралі та електричні ланцюги вагонів.

Для формування вузькоколійного поїзда на вагоні встановлені жорсткі зчеплення типу гвинтового стягування згідно КД. Стяжка гвинтового типу (рис.3.35) складається з наступних елементів:

- гвинтове стягування з балансиром;

- буфер.

При вписування в криві зчеп здатний переміщатися в горизонтальній площині (поперек шляху) не більше ніж на 22° (по 11° в кожну сторону), а у вертикальній площині не більше ніж на 2,5°. Конструкція автозчепу забезпечує можливість повороту його в горизонтальній площині на кут не більше ніж –13°.

Допускається зчеплення піввагонів при різниці осей головок по вертикалі не більше ніж – 30 мм.

Для підвищення надійності ударно-тягового пристрою замість ланцюгів, що з'єднують гаки суміжних вагонів, застосовується дві гвинтові стяжки, що має скобу, яка накидається на гак вагона, з яким відбувається зчеплення, і гвинт з нагвинченими гайками. Оскільки різьблення на одній гайці праве, а на іншій – ліве, то при обертанні рукоятки гайки або сходяться, або розходяться.

На цапфах правої гайки закріплена скоба, яка накидається на гак балансиру іншого вагона.

На цапфи лівої гайки надіті дві серги, через протилежні кінці яких пропущений кривий валик. Кривий валик з’єднується з балансиром.

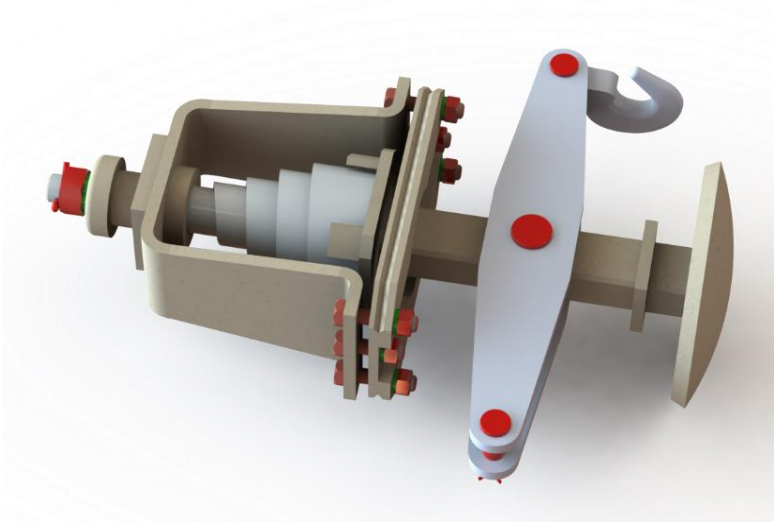


Рисунок 3.35 – Стяжка гвинтового типу

Така форма валика, що проходить через отвір упряжного гачка, полегшує установку стяжки по осі симетрії.

Натяг і ослаблення стяжки здійснюється рукояткою. Через скобу проходить стяжка сусіднього вагона для подвійного зчеплення.

Ударно-тяговий пристрій складається також з двох буферних стрижнів з привареними тарілками.

Можливі геометричні розміри вагонів залежать, як відомо, від встановлених на залізницях габаритів. Габаритні обмеження необхідні для забезпечення безпечного руху залізничного транспорту. Габаритні обмеження забезпечують безперешкодне проходження без зіткнень з різними стаціонарними спорудами, побудованими поблизу залізничної колії, або з іншим рухомим складом, розташованим на паралельній колії.

Габарити наближення будівель і рухомого складу магістральних залізниць колії 750 мм встановлена ДСТУ Б ГОСТ 9720:2011.

3.2.2 Проектування зварних з’єднань в конструкції вантажних вагонів колії 750 мм

Вимоги до проектування і виготовлення зварних конструкцій вагонів встановлені ОСТ24.050.34-75 «Зварювання в вагонобудуванні. Технічні умови». Спроектовані зварні конструкції вантажних вагонів колії 750 мм зручні для зварювання, фарбування, огляду та очищення. В конструкціях було виключено щілини та зазори, що сприяють утворенню корозії. Перерізи зварних елементів спроектовано симетричними та виконанні з мінімального числа деталей, щоб кількість з'єднувальних швів було мінімальна. При цьому кількість стиків в розтягнутих елементах – мінімальні, а самі стики розташовані в зонах з найменшими напруженнями. Форма та взаємне розташування деталей забезпечують видимість зварювальної ванни та кут нахилу електрода не менше ніж на 30 °.

При проектуванні, розташування швів виконано так, що дозволяє здійснювати зварювання в нижньому положенні, так як зварювання вертикальних, а особливо стельових швів погіршує їх якість. Співвідношення товщин деталей, що зварюються не перевищує 2:1. У зварних елементах спроектованих вагонах не застосовувані пакети, що складаються з декількох зварених листів. При стикуванні елементів різної товщини забезпечено плавність переходу перерізів, для чого у більш товстих елементах зроблено додатковий скіс (з ухилом 1:5) з однієї або з двох сторін.

При проектуванні зварних з'єднань у відповідальних вузлах вантажних вагонів було уникнено зосередження кількох швів в обмеженій зоні; з'єднання трьох окремих елементів одним швом; розміщення двох швів, нормальних до силового потоку, на відстані менше ніж 50 мм. Також було враховано зниження пластичних властивостей металу в місцях різких перегинів та уникнено накладення зварних швів в цих зонах, при використанні гнутих профілів та штампованих елементів, виконаних в холодному стані. Переривчасті шви при зварюванні основних несучих елементів і приварок додаткових деталей до основних елементів спроектованих вагонів не застосовувалися.

У конструкціях рам вантажних вагонів і візків стикові шви виконані двостороннім зварюванням, незалежно від форми підготовки кромок. Одностороннє зварювання допускалося лише за умови забезпечення повного провару (наприклад, при використанні підкладки).

У відповідальних елементах робочі кутові шви спроектовані з увігнутим контуром їх поверхні, а також з плавним переходом до основного металу. Флангові шви з'єднань, що сприймають осьову силу, виконані як увігнутої, так і випуклої форми. При проектуванні з'єднань внахлест не обмежувалися тільки фланговими швами, а було застосовано додатково лобові шви, в яких відношення більшого катета до меншого має бути в межах від 2,0 до 2,5. При цьому більший катет направлений вздовж зусилля, що буде сприйматись лобовим швом.

Для підвищення втомної міцності та опору зварних з'єднань крихким руйнуванням застосовано поверхневий наклеп багатобійковим зміцнювачем, аргонно-дугову обробку швів або термічну обробку у вигляді високого відпуску. Поверхневий наклеп багатобійковим зміцнювачем типових зварних елементів рам візків та вагонів істотно підвищать їх міцність від втоми.

Зварні шви стикових з'єднань рівноміцні з основним металом елементів. Конструкції з рівноміцними зварними стиковими швами відповідають вимогам економічності, тому що збільшення міцності зварних швів в порівнянні з основним елементом ускладнює виготовлення конструкції, які не покращують умов її роботи. Більш того, концентрація напружень в зварних швах знижує несучу здатність всього елемента конструкції і не дозволяє в повній мірі використовувати його переріз, що призводить до збільшення витрат матеріалу.

Таким чином, розглянуто основні конструктивні рішення та можливі машинобудівні технології виготовлення вантажних вагонів вузької колії.

3.3 Удосконалення конструкцій пасажирського рухомого складу вузької колії

Пасажирські вагони є одним з найважливіших елементів залізничної транспортної системи. Для забезпечення найбільш економічної, злагодженої та ефективної роботи транспорту елементи транспортної системи повинні відповідати певним взаємопов'язаним вимогам.

У загальному випадку до вагонів висувають вимоги, які передбачають забезпечення:

- надійної та безпечної експлуатації в заданих умовах;
- необхідних техніко-економічних показників перевезення;
- прогресивних технічних характеристик і параметрів;
- необхідної взаємодії з іншими видами рухомого складу;

- узгодженості з конструкцією та параметрами колії, споруд, засобів сигналізації та зв'язку, навантажувально-розвантажувальних пристроїв, ремонтних підприємств і т.п.

При розробці конкретної конструкції вагона враховують також різні додаткові та спеціальні вимоги, пов’язані з типом вагона, его призначенням, сферою експлуатації та іншими умовами [2, 4, 6-8, 15, 20, 23, 28, 31].

Розробка новітніх конструктивних рішень на базі конструкторсько-технологічного аналізу конструкцій пасажирських вагонів (ефективних матеріалів і комплектуючих з поліпшеними показниками міцності, зносостійкості і надійності, а також сучасних технологій зварювання) дає змогу зменшити витрати матеріальних, трудових та енергетичних ресурсів з їх побудови, експлуатації та технічного утримання.

При розробці проекту використані наступна НТД:

- ДСТУ 3973-2000 «Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання науково-дослідних робіт. Загальні положення»;

- ДСТУ 3974-2000 «Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання дослідно-конструкторських робіт. Загальні положення»;

- ДСТУ ГОСТ 2.001:2006. «Єдина система конструкторської документації. Загальні положення»;

- ДСТУ ГОСТ 2.601:2006 (ГОСТ 2.601-2006, IDT). «Єдина система конструкторської документації. Експлуатаційні документи»;

- ДСТУ ГОСТ 3.1102:2014 «Єдина система технологічної документації. Стадії розробки та види документів. Загальні положення»;

- ДСТУ ГОСТ 15.001:2009 «Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения»;

- ДСТУ 3321:2003 «Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять»;

- ДСТУ 3574-97 «Патентний формуляр. Основні положення. Порядок»;

- ДСТУ 1.5:2003 «Національна стандартизація. Правила побудови, викладання, оформлення та вимоги до змісту нормативних документів»;

- ГОСТ 2.004-88. «ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ»;

- ГОСТ 2.102-68. «ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов»;

- ГОСТ 2.103-68 «ЕСКД. Стадии разработки»;

- ГОСТ 2.106-96 «ЕСКД. Текстовые документы»;

- ГОСТ 2.109-73 «ЕСКД. Основные требования к чертежам»;

- ГОСТ 2.111-68 «ЕСКД. Нормоконтроль»;

- ГОСТ 2.114-95 «ЕСКД. Технические условия»;

- ГОСТ 2.201-80 «ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов»;

- ГОСТ 3.1119-83 «ЕСТД. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на единичные технологические процессы»;

- ГОСТ 3.1120-83 «ЕСТД. Общие правила отражения и оформления требований безопасности труда в технологической документации»;

- ГОСТ 19.201-78. «ЕСПД. Техническое задание, требование к содержанию и оформлению»;

- Патент № 2658 Пасажирський вагон;

- Патент № 3767 Пасажирський вагон;

- Патент № 4158 Пасажирський вагон;

- Патент № 6106 Пасажирський купейний вагон;

- Патент № 6107 Пасажирський некупейний вагон.

Автором також всебічно розглянуто системи життєзабезпечення пасажирських вагонів [2, 4, 7, 31] та гальмівна система рухомого складу [27, 28, 38].

3.3.1 Кузов пасажирських вагонів колії 750 мм

Параметри вагона і візка (рис. 3.36).

Довжина вагона (12000 мм) – відстань між ударними (буферними) площинами двох автозчепів вагона.

База вагона (7000 мм) – відстань між центрами опор кузова вагона на ходові частини візка. У центрі візка встановлений запобіжний шворінь, тому базою вагона вважається відстань між центрами двох запобіжних шворнів візків вагона.

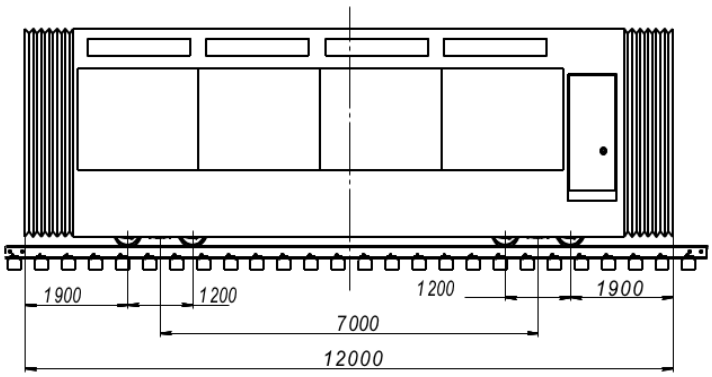


Рисунок 3.36 – База вагона і візка

База візка (1200 мм) – відстань між центрами осей колісних пар візка. Збільшення бази візка призводить до збільшення його маси, а зменшення – до погіршення ходових якостей вагона і ускладнення розміщення на візку гальмової важільної передачі (ГВП).

Вид кліматичного виконання вагонів «У» для категорії розміщення 1 відповідно до ГОСТ 15150-69.

Габарит вагонів Ту по ДСТУ Б ГОСТ 9720:2011. Діапазон швидкостей від 0 до 60 км/год.

Основними частинами вагона є:

- кузов в комплекті з двома зчепами;

- ходова (екіпажна) частина, що являє собою два двовісних візки з колисковим підвішуванням.

Технічні дані вагонів та їх зовнішній вигляд наведені у Додатку Г.

Кузов вагона призначений для розміщення пасажирів, а також необхідного обладнання. Кузов вагона являє собою зварну суцільнометалеву конструкцію, що складається із зварених в одне ціле рами, двох бічних стін, двох торцевих стін, даху, і металевого настилу підлоги (рис. 3.37). В обладнання кузова входять також внутрішнє оздоблення і стеля, двері, вікна, вентиляція та опалення, сидіння, освітлення.

На одному кінці кузова є тамбур з двома бічними та одним торцевим проходами, двері уніфіковані.

Для проходу з вагона в вагон торцеві проходи забезпечені перехідними площадками, що розташовані над ударно-тяговими пристроями та міжвагонними ущільнювачами (рис. 3.38) Міжвагонні ущільнювачі перехідних площадок пасажирських вагонів представляють собою великогабаритні гумові пластини з козирками, які використовуються в якості захисних деталей в пасажирських поїздах для запобігання падінь та травмувань пасажирів при переході з вагона в вагон.

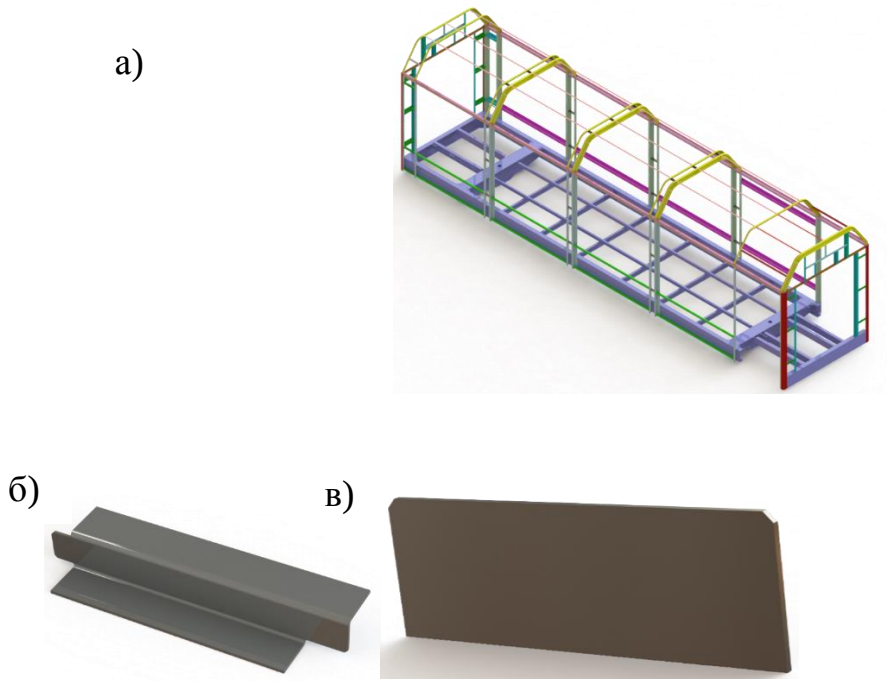


Рисунок 3.37 – Каркас кузова пасажирського вагону колії 750 мм:
а) каркас кузову пасажирського вагону колії 750 мм; б) діафрагма бокової стіни; в) діафрагма даху

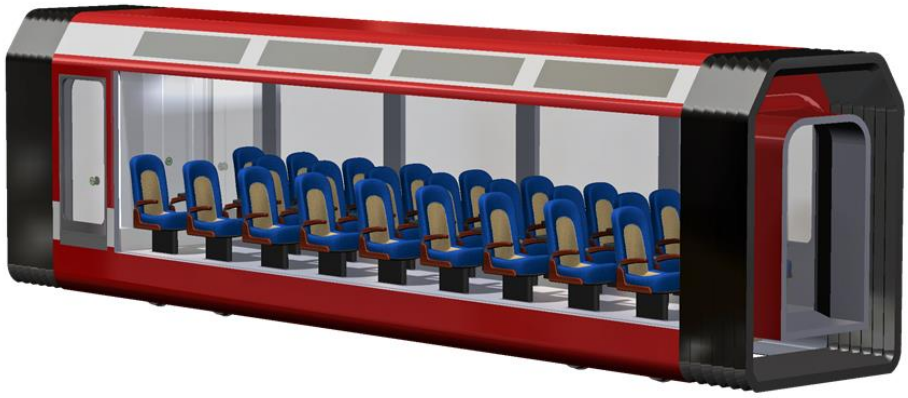


Рисунок 3.38 – Загальний вигляд вагона

Рама кузова зварна, служить його опорою на ходові частини (рис. 3.39). Рама складається з двох поздовжніх швелерів, двох торцевих швелерів, шістьох середніх поперечних балок зі швелера, двох шворневих балок, які мають коробчастий перетин, по всій довжині рами між шворневими балками є дві поздовжні балки з швелера та дві посилені поздовжні балки, що виконанні з двох поздовжніх балок зі швелера, які розташовані між шворневими балками та торцевими швелерами з метою передачі поздовжніх навантажень на бічні пояси рами і стінок. Також в рамі є косинки та накладки для розвантаження і посилення зварювальних швів. У поперечних балках також передбачені овальні отвори для монтажу трубопроводів.

Рисунок 3.39 – Рама пасажирського вагону колії 750 мм

В місцях установки п’ятників та ковзунів встановлені ребра жорсткості. На шворневих балках є отвори для шворня п’ятникових опор, що з’єднують кузов з візками.

Між поздовжніми балками розташовані гнізда міжвагонних зчепів, що приклепані до балок електрозаклепками.

Для кріплення обладнання до рами приварені кронштейни та додаткові балки, виготовлені з різних профілів. Всі несучі деталі рами виконані із сталі 09Г2С, 10ХНДП і 10Г25Д,

В конструкцію рами кузова входять також різні косинки, скоби, ребра, кронштейни для підвішування обладнання, електричних та пневматичних апаратів і для підвішування трубопроводів внизу рами.

Раму кузова зварюють за допомогою спеціальних кондукторів, що виключає можливість перекосів і забезпечує більшу точність виготовлення.

Бічна стіна кузову вузькоколійного вагону підкріплена з внутрішньої сторони вертикальними стойками і верхньою обв'язкою Z-образного профілю, а також швелером, виготовленими з листової сталі товщиною 3 мм. Вертикальні стойки посилені поперечиною Z-образного профілю і діафрагмами, виготовленими з листової сталі товщиною 3 мм. У кінцевих частинах стін розташовані заглушки, виготовлені з листової сталі товщиною 3 мм. Два верхніх і два нижніх пояси обшивки виконані з листової сталі товщиною 3 мм. Лист з дверним прорізом також виконаний з листа стали товщиною 3 мм. Пояси з'єднані між собою встик за допомогою контактного зварювання.

Торцева стіна вагону містить обшивку, підкріплену з внутрішньої сторони поперечиною, поперечну балку і придверні стойки, прикріплені знизу до рами вагону, а зверху – до поперечної балки. Поперечина, поперечна балка і придверні стойки виконані Z-образним профілем з листів сталі товщиною 3 мм.

До торцевої стіни примикає міжвагонний перехід із двома замкнутими ізолюючми оболонками. Між ізолюючими оболонками розташовані гнучкі канали міжсекційного енергоживлення, повітропроводи та інші технічні канали. Бічні стіни і стеля переходу виготовлені з листа стали товщиною 3 мм, а підлога переходу – з листа товщиною 5 мм.

Зварювання окремих секцій стінок кузову виконується електроконтактним зварюванням з подальшим з'єднанням окремих секцій

боковин з торцевими стінками та дахом електродуговим зварюванням в спеціальному кондукторі.

Приварювання стінок кузову до рами проводиться переривчастим електродуговим зварюванням через овальні отвори в бічних поясах рами і суцільним швом по нижній кромці обшивки і вертикальній стінці бокового поясу.

Дах має зварений каркас, що складається з Z-образних дуг, виготовлених з листа сталі товщиною 3 мм, з'єднаних з верхньою обв'язкою контактним зварюванням (рис. 3.40). Дуги посилені куточками і діафрагмами. Каркас даху обшитий в середній частині листами зі сталі товщиною 1,5 мм, а на похилих ділянках – листами товщиною 2 мм. Листи з'єднані між собою в нахлест за допомогою контактного зварювання.

Рисунок 3.40 – Дах кузову вузькоколійного вагону

Конструкція даху дозволяє виконувати її збірку як повністю, так і по секціях.

До складу внутрішнього вагонного обладнання входять наступні елементи: підлога салону, сидіння, вікна, внутрішня обшивка, освітлення, вентиляція та опалення.

Підлога салону – на раму кузова укладається і приварюється до неї електрозварюванням гофрований металевий настил, гофрами уздовж вагона.

У пасажирському салоні є сидіння. Розташування сидінь і їх конструкція залежить від класу вагона (Додаток Г).

У пасажирському салоні вікна розташовані вздовж бічних стінок кузова. Для всіх вікон застосовано двокамерний склопакет з загартованого

полірованого скла. Всі двокамерні склопакети за допомогою спеціальних гумових ущільнювачів вставляють у віконні прорізи, притискають до буртику зовнішньої обшивки внутрішніми алюмінієвими розкладками та закріплюють гвинтами з хромованими головками.

Стеля та стіни салону обшиваються пластиковими панелями або іншим матеріалом. Стики листів пластику перекриваються спеціальними профілями з алюмінієвих сплавів або пластику.

У салоні вагонів передбачено світлодіодне освітлення з живленням від бортової мережі. Вибір освітлення проводиться відповідно до санітарних норм на пасажирський рухомий склад колій 1520 мм.

У салоні вагонів передбачена автономна вентиляція (на кожному вагоні встановлений кондиціонер) та автономне опалення. Вибір вентиляції та опалення проводиться відповідно до санітарних норм на пасажирський рухомий склад колій 1520 мм.

3.3.2 Візок пасажирського вагона колії 750 мм та його елементи

Кожен вагон має два двовісні візки з двома ступенями підвішування.

Візок є ходовою частиною і призначений для передачі вертикальних навантажень від кузова з пасажирами на колію, і передачі вертикальних навантажень на кузов вагона.

Візки розташовані по кінцях вагона на однаковій відстані від його центру і не пов'язані між собою. Відстань між центрами двох осей колісних пар називається базою візка і складає 1200 мм. Від бази візка і довжини кузова залежить мінімальний радіус колії, в який може вписатися вагон. Відстань між поперечними осями візків називається базою вагона. Вона дорівнює 7000 мм.

На кожному вагоні встановлено два двовісні візки з подвійним підресорюванням, тобто з подвійним ресорним підвішуванням – центральним та буксовим (рис. 3.41).

Вага візка – 1600 кг.

Кожен візок – поворотний, шарнірно з'єднується з кузовом вагона за допомогою п'ятникової опори (рис. 3.42), навколо якої він може повертатися в горизонтальній площині. При цьому осі колісних пар будуть встановлюватися по радіусу кривої повороту, що зменшує кут набігання коліс на рейки і знос колеса і головки рейки.

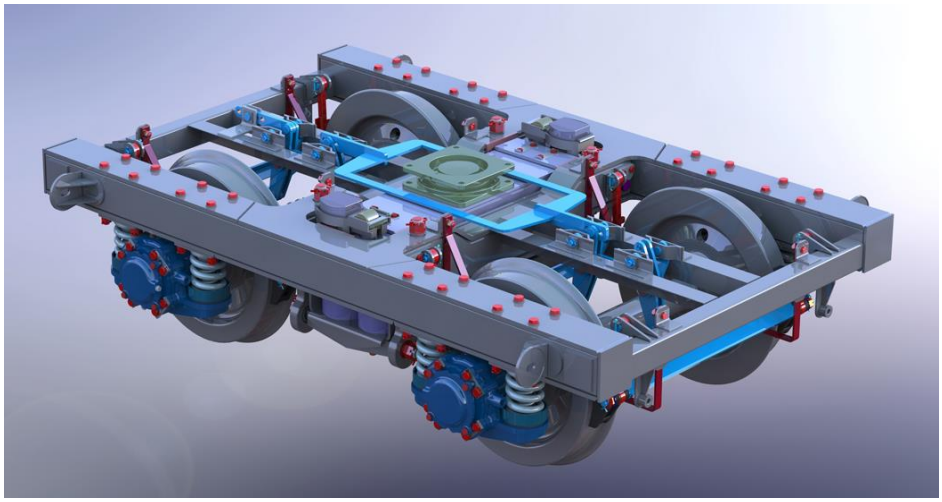


Рисунок 3.41 – Візок пасажирського вагона колії 750 мм

Рисунок 3.42 – П’ятник

Рама візка (рис. 3.43) сприймає вагу кузова з пасажирами і рівномірно розподіляє його між колісними парами. Рама сприймає також тягові та гальмові зусилля від колісних пар і передає їх кузову. Крім того, на раму діють додаткові навантаження, які зумовлені нерівностями колії, звивистим рухом колісних пар, відцентровою силою, що виникає в кривих ділянках колії, та ін. Також, рама є сполучною ланкою між центральним та буксовим підвішуванням.

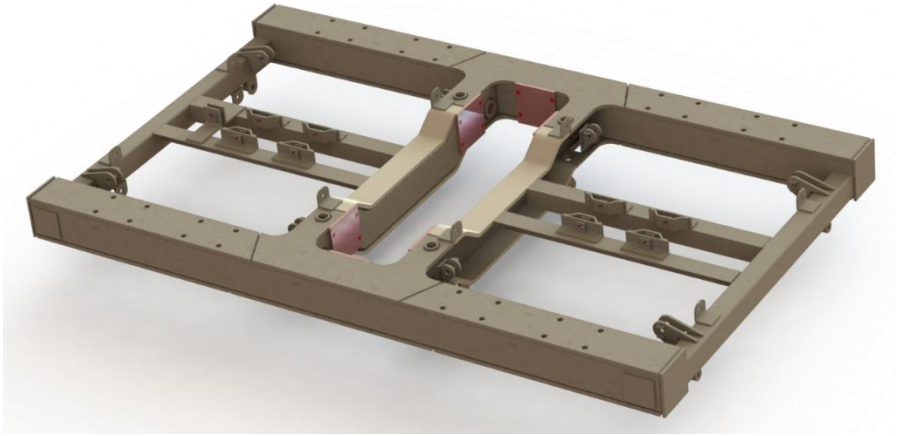


Рисунок 3.43 – Рама візка

Діючі на раму сили викликають розтяг та вигин її елементів у вертикальній і горизонтальній площинах, а також їх кручення, тому конструкція рами повинна мати достатню міцність.

Рама візка суцільнозварна, що дає змогу значно зменшити її масу без зниження міцності. Вона виконана з двох поздовжніх і двох поперечних торцевих балок, зварених встик і двох поперечних середніх балок виконаних з профільних листів, а також чотирьох кутиків до яких кріпляться кронштейни для підвіски важелів гальмової передачі.

Балки рами − порожнисті, коробчастого перерізу.

На поперечних середніх балках вварюють по 4 втулки для підтримки підресорної планки та обмежувача. На поперечних торцевих балках приварені кронштейни для кріплення гальмових колодок.

Кузов спирається на два візки через п’ятникові опори (рис. 3.44) з зносостійкими пружними вкладками, які розташовані на надресорних балках візків (рис. 3.45).

Надресорна балка (брус) встановлюється в отвори між поперечними балками рами візка (рис. 3.46).

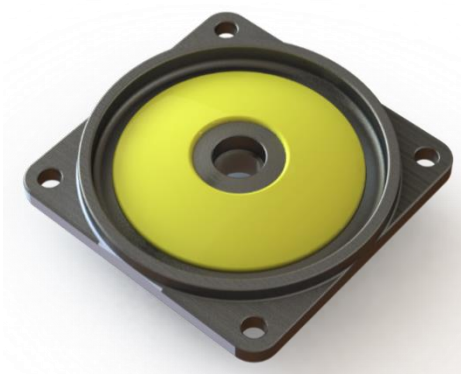


Рисунок 3.44 – Підп’ятник з зносостійкою пружною вкладкою

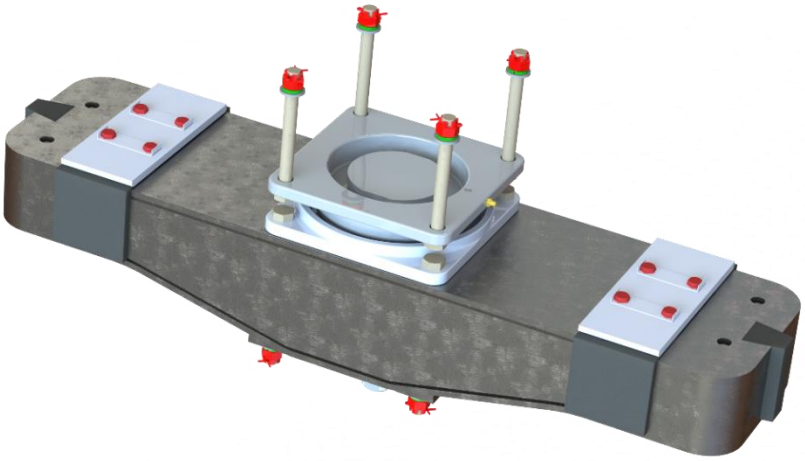


Рисунок 3.45 – Надресорна балка з п’ятниковим вузлом

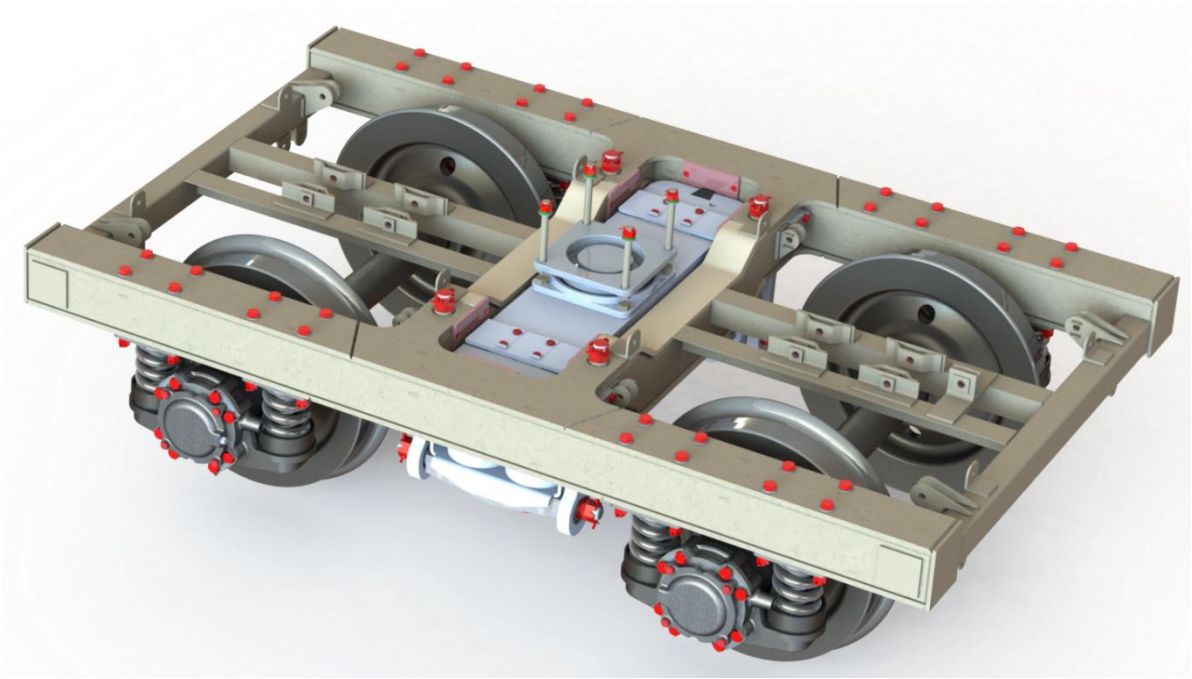


Рисунок 3.46 – Рама візка з надресорною балкою

Для обмеження розгойдування кузова на кінцях надресорної балки встановлені пружно-каткові ковзуни постійного контакту. Плоскі ковзуни обмежують переміщення надресорного бруса між поперечними балками рами візка.

П’ятникова опора складається з п’ятника, підп’ятника зі зносостійкою пружною вкладкою, шворня зі зносостійкою пружною вкладкою, маслянкою та елементів кріплення.

П’ятник має сферичну поверхню для полегшення входження вагона у криві. Підп'ятник також має сферичну опорну поверхню, тільки увігнуту (у вигляді чаші) в нижній частині підп'ятника є центруючий виступ, у який входить зносостійка пружня вкладка. В нижній частині підп'ятника є центруючий виступ, який входить в отвір надресорної балки.

Зносостійка пружна вкладка підп’ятника являє собою шайбу, для запобігання від зношування робочих поверхонь у парах тертя п’ятник-підп'ятник та п’ятник-шворінь. Товщина вкладки від 5 до 10 мм.

Ресорне підвішування – це пружний комплект, який служить для пом'якшення і часткового гасіння коливань, що виникають під час руху вагона по нерівностям колії, а також забезпечує плавність ходу вагона і повернення кузова в нормальне положення після проходження кривої ділянки колії. В якості ресор застосовують циліндричні пружини, виготовлені шляхом завивки сталевого прута (рис. 3.47) та спіральні, виготовлені шляхом завивки сталевого листа змінного розміру та перетину (рис. 3.48).

а) б)

Рисунок 3.47– Пружини:

а) зовнішня пружина, б) внутрішня пружина

Рисунок 3.48 – Спіральна пружина

У візку застосовано подвійне ресорне підвішування: буксове та центральне.

Буксове підвішування (рис. 3.49) служить для підресорювання рами візка відносно колісних пар і колії. В якості ресор в буксовому підвішуванні застосовані витi циліндричні пружини.

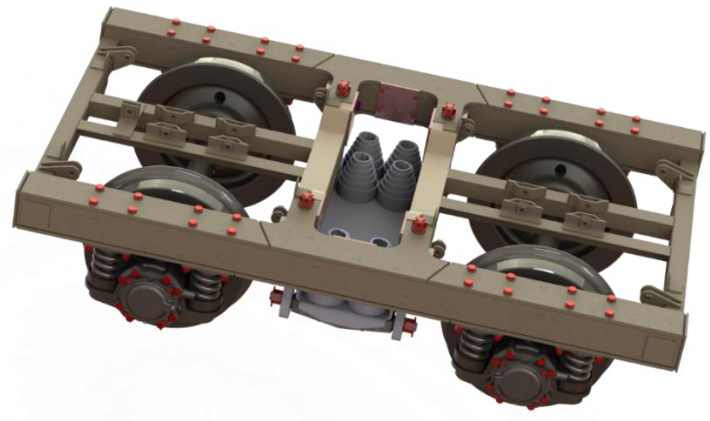


Рисунок 3.49 – Буксове та центральне підвішування

Центральне підвішування (рис. 3.50) призначено для підресорювання кузова вагона відносно рами візка.

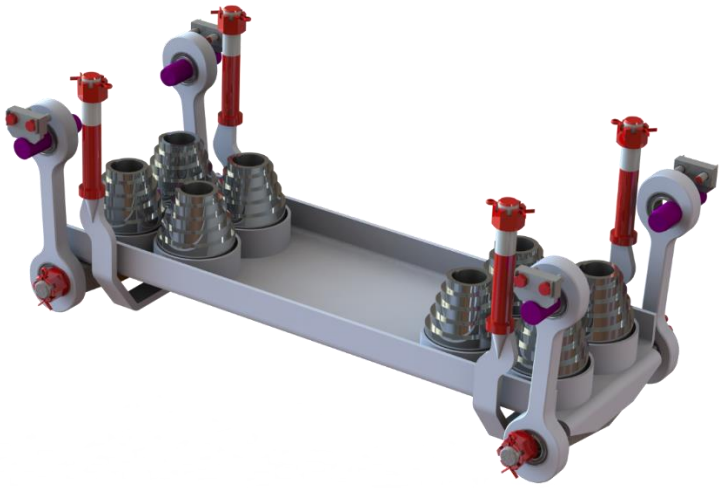


Рисунок 3.50 – Центральне підвішування

Надресорна балка спирається на два комплекта пружин з чотирьох спіральних витих пружин, які встановлені в циліндричні виїмки у піддоні.

На кінцях піддону є два масивних вушка з отворами під комбіновані валики піддону. На бічних площинах піддону з обох сторін приварено по два виступи, в разі обриву підвісок піддон ляже на дві запобіжні скоби, а виступи не дадуть змоги випасти піддону з запобіжних скоб. Скоби кріпляться до спеціальних кронштейнів, які закріплені на поперечній балці рами візка.

Колісні пари служать для перетворення обертального руху валів тягових двигунів в поступальний рух вагона. Колісні пари є найбільш відповідальними вузлами візків, оскільки сприймають все навантаження від ваги кузова з усім його устаткуванням, обладнанням та пасажирами, тягові та гальмові зусилля, а також направляє вагон по колії.

Від правильного утримання та експлуатації колісних пар залежить безпека руху, тому конструкція, технологія виготовлення, утримання та ремонт колісних пар мають відповідати встановленим вимогам.

Кожен вагон обладнаний необхідною кількістю зчепів, які здійснюють механічне зчеплення вагонів, з'єднують повітряні магістралі та електричні ланцюги вагонів.

На першому та останньому вагоні п’яти секційного з’єднання встановлені жорсткі зчеплення для з’єднання з локомотивом типу гвинтової стяжки (рис. 3.51).

На вагонах в середині п’яти секційного з’єднання між секціями застосовуються нижні та верхні з’єднання.

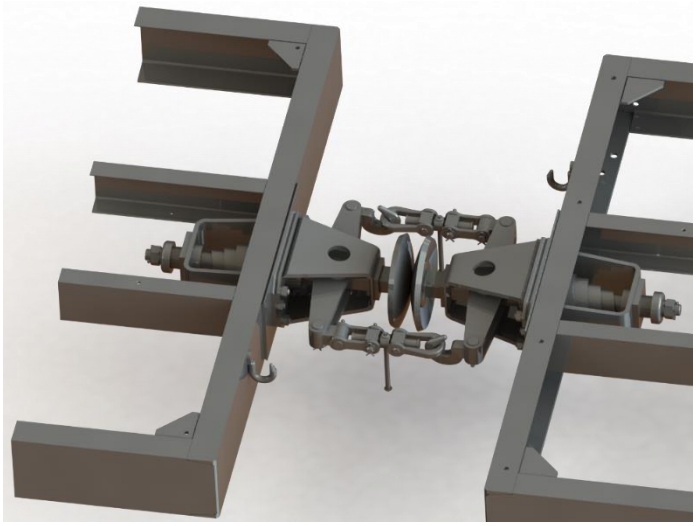


Рисунок 3.51 – Стяжка гвинтового типу

При вписування в криві зчеп здатний переміщатися в горизонтальній площині (поперек колії) не більше ніж на 22 градуса (по 11 градусів в кожну сторону), а у вертикальній площині не більше ніж на 2,5 градуса. Конструкція автозчепу забезпечує можливість повороту його в горизонтальній площині на кут не більше ніж – 13 градусів.

Допускається зчеплення вагонів при різниці осей головок по вертикалі не більше ніж – 30 мм.

Зчеп складається з наступних елементів:

- гвинтова стяжка з балансиром (рис. 3.52);
- буфер (рис. 3.53);
- електроконтактна коробка.

Стяжка складається з двох гайок, нагвинчених на гвинт. Гвинт обертають за допомогою рукоятки. Оскільки різьблення на одній гайці права, а на інший ліва, то при обертанні рукоятки гайки або сходяться, або розходяться. На цапфах правої гайки закріплена скоба, яка накидається на гак балансиру іншого

вагона. На цапфи лівої гайки надіті дві сережки, через протилежні кінці яких пропущені кривий валик. Кривий валик з’єднується з балансиром. Кривим він зроблений для самоцентрування стяжки.

Рисунок 3.52 – Гвинтова стяжка з балансиром

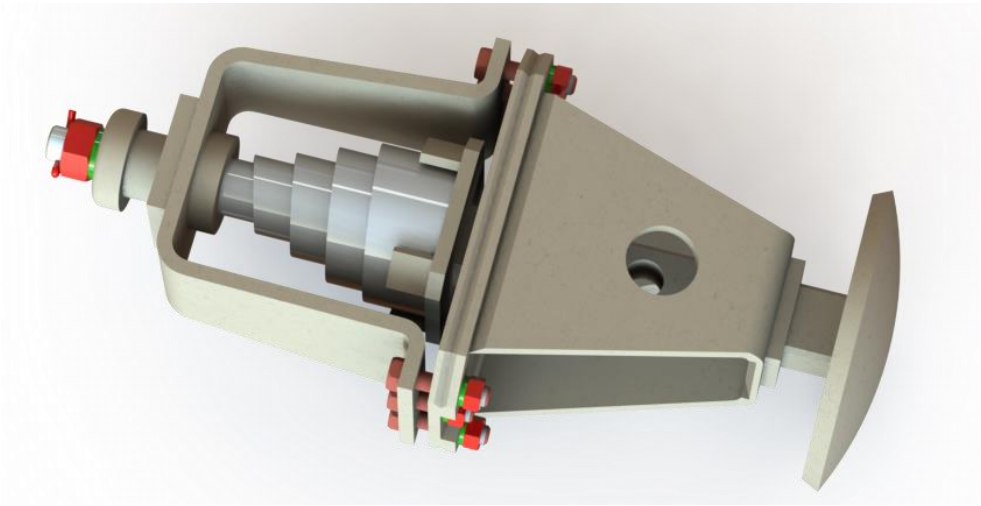


Рисунок 3.53 – Буфер

Нижнє міжсекційне з’єднання використовується для передачі тягових зусиль локомотива секціям п’яти секційного з’єднання вагонів (рис. 3.54), містить підшипник та два упору які з’єднуються з сусідніми вагонами.

Максимальний кут повороту – 30°, а номінальний – 28°, максимальний кут нахилу – 5°. Довжина – 800 мм.

Рисунок 3.54 – Нижнє між секційне з’єднання

На кузов вагону встановлюють два верхніх з’єднання різних типів для утворення максимальної рухливості при забезпеченні необхідної жорсткості міжвагонного з’єднання (рис. 3.55 та рис. 3.56).

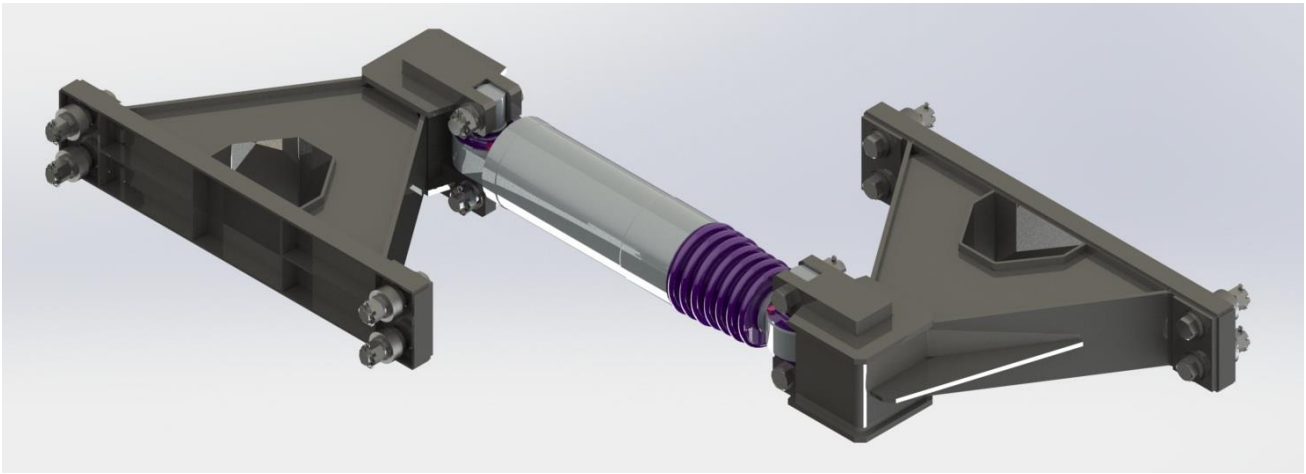


Рисунок 3.55 – Верхнє міжсекційне з’єднання

Верхнє міжсекційне з’єднання призначено для гасіння коливань верхньої частини кузова вагона відносно кузова іншого вагона під час руху поїзда.

З’єднання містить гасник коливань з сферичними кріпленнями завдяки яким з’єднання має можливість крену.

Максимальний кут повороту – 38°, максимальний кут нахилу становить плюс 6,50 а мінімальний становить мінус 4,7°, кут крену – 2°. Довжина – 800 мм.

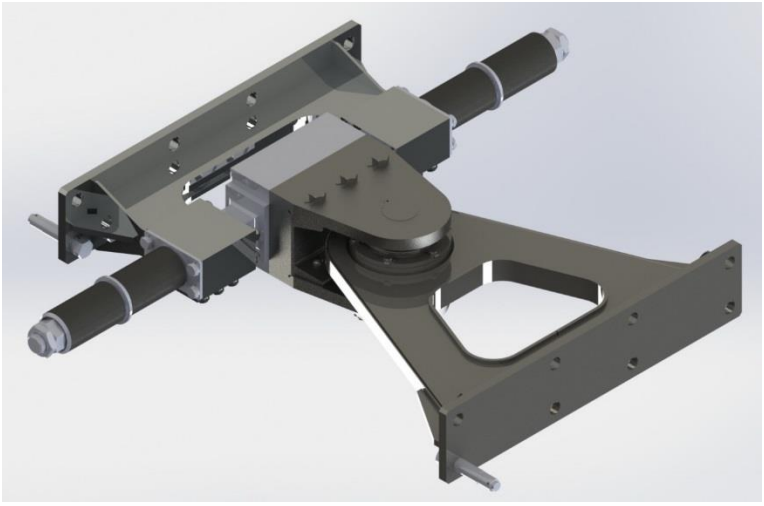


Рисунок 3.56 – Верхнє міжсекційне з’єднання

Верхнє міжсекційне з’єднання призначено для гасіння коливань верхньої частини кузова вагона відносно кузова іншого вагона під час руху поїзда.

З’єднання містить підшипник та демпфуючі елементи завдяки яким з’єднання має можливість крену.

Особливістю шарнірного з'єднання є змінна жорсткість з'єднання в горизонтальній площині. Це досягається за рахунок установки в горизонтальній площині двох еластомірних пружин, що мають попередню деформацію в стиснуті стані працюють по черзі. Фронтальне переміщення досягається за рахунок сферичного шарнірного з'єднання. Дане з'єднання розроблено для зниження навантажень, що виникають при галопуванні у верхній частині вагонних з'єднань.

Максимальний кут повороту – 310°, а номінальний – 230°, максимальний кут нахилу – 0°, кут крену – 0,76°. Довжина – 800 мм.

Перехідна поворотна площадка представляє собою покупний виріб та має загальний вигляд представлений на рис. 3.57. Вона служить для безперешкодного та безпечного проходу пасажирів та екіпажу потяга між салонами суміжних вагонів. Перехідна площадка складається з декількох шарів. Перший шар служить для захисту від навколишнього середовища. Другий шар захищає пасажирів та екіпаж потяга від обладнання розташованого в

міжвагонному просторі від несанкціонованого доступу та має декоративну функцію.

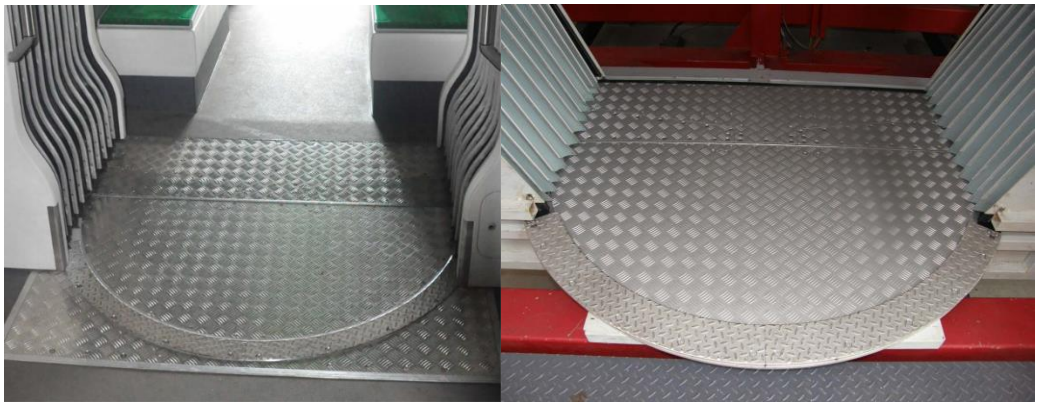


Рисунок 3.57 – Загальний вигляд герметичного поворотного переходу:
а) поворотна площадка; б) поворотна площадка з можливість крену

Перехідна площадка має поворотну платформу (рис. 3.58) та гумометалеву гармошку. Загальна конструкція кріплення перехідних площадок представлення на рис. 3.59.

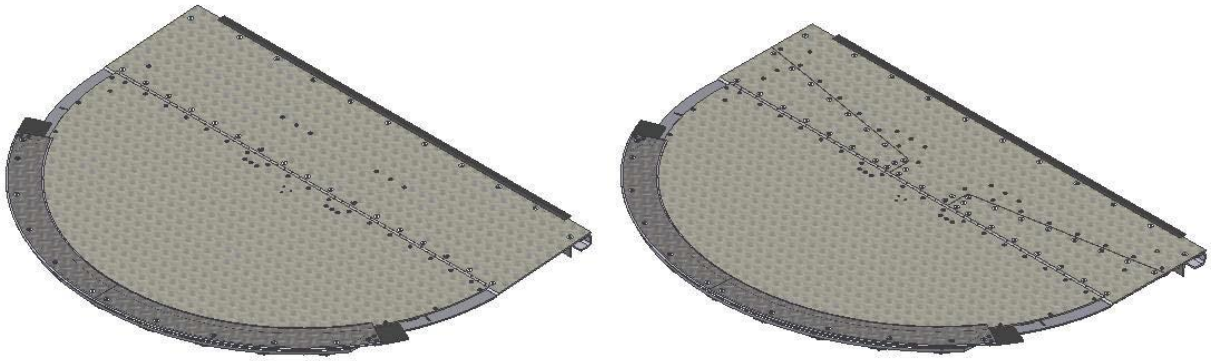


Рисунок 3.58 – Зображення 3D моделі полу перехідної площадки:
а) поворотна площадка; б) поворотна площадка з можливістю крену

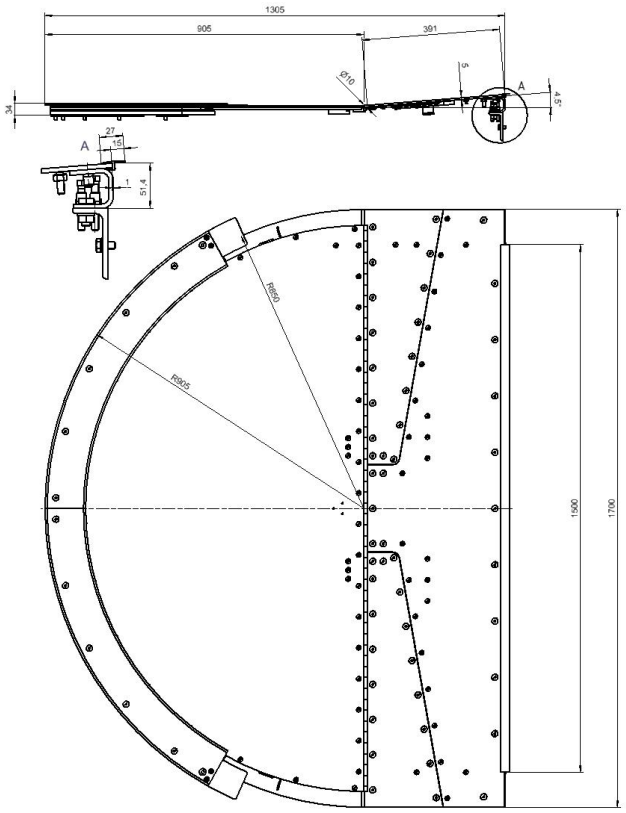


Рисунок 3.59 – Габаритні розміри та кріплення перехідної поворотної площадки

В результаті удосконалення конструктивних рішень пасажирського вагону вузької колії отримано сучасну конструкцію базового чотиривісного пасажирського вагону, який застосовано для створення модельного ряду вагонів для здійснення як регулярних пасажирських перевезень, так і для забезпечення туристичних маршрутів.

3.4 Удосконалення конструкцій самохідного рухомого складу вузької колії

На теперішній час у більшості країн, в тому числі в Україні, на вузькоколійних залізницях використовують тепловозну тягу для здійснення перевезень поїздів як у пасажирському, так і у вантажному русі. Самим розповсюдженим локомотивом на залізницях вузької колії України є тепловоз ТУ 2. Але, для підвищення ефективності перевезень доцільно застосовувати

рейкові автобуси на електричній або дизельній тязі, при цьому пасажирські перевезення, особливо на гірських та важкодоступних ділянках, слід використовувати рейкові автобуси. Автором виконано дослідження різних конструкцій рейкових автобусів для використання на залізницях з різною шириною колії [3], та пропонуються конструкції за аналогією з самохідними рейковими екіпажами, наприклад, Німеччини - рис. 3.60 та Сербії рис. 3.61.

Рисунок 3.60 Regio-Shutter RS1 (Німеччина)

Рисунок 3.61 ДП-С (Сербія)

Але рейкові автобуси більш ефективні при здійсненні приміських перевезень, а для забезпечення дальніх пасажирських та туристичних перевезень слід застосовувати пасажирські вагони локомотивної тяги. Найбільш перспективним типом локомотиву для вузькоколійних залізниць є гібридний або електричний.

3.5 Висновки до розділу 3

1. В роботі здійснено аналіз основних технічних рішень та патентні дослідження з питань удосконалення конструкцій рухомого складу для залізниць різної ширини колії, в тому числі для вузької. Визначено недосконаліть існуючих конструкцій вантажних та пасажирських вагонів для вузькоколійних залізниць та запропоновано напрямки їх удосконалення.

2. Розроблено технічні рішення з удосконалення конструкцій вантажних вагонів та візків до них. В першу чергу розглянуто інноваційні конструкції найбільш затребуваних типів вантажних вагонів, а саме: вагонів-платформ та піввагонів у чотиривісному виконанні. При розробці даних типів вантажних вагонів застосовано оригінальні конструктивні рішення основних несучих конструкцій та окремих систем вагонів. Запропоновано конструкцію двовісного візка для використання у складі основних типів вантажних вагонів. До конструктивних особливостей візка вантажних вагонів вузької колії запропонованої конструкції відноситься суттєве поліпшення міцнісних характеристик рами, удосконалене виконання центрального та буксового підвішування, а також сучасне виконання ковзунів та буксових вузлів.

3. Запропоновано широкий модельний ряд пасажирських вагонів для вузькоколійних залізниць з повним набором конструкцій вагонів при забезпеченні різних видів пасажирських перевезень, в тому числі для формування туристичних поїздів. До особливостей конструкції розроблених пасажирських вагонів відноситься не тільки застосування сучасних технічних рішень та інноваційних матеріалів, а й покращені динамічні якості та показники комфорту. Додатково розглянуто варіанти конструктивного виконання самохідного рухомого складу для перевезення пасажирів, а також вагони для транспортування електромобілів.

РОЗДІЛ 4
ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ЯКОСТЕЙ РУХОМОГО СКЛАДУ ВУЗЬКОЇ КОЛІЇ

Для проведення досліджень динамічних якостей рухомого складу вузької колії необхідно підготувати відповідне програмне забезпечення [9], яке базуватиметься на математичних моделях [1], що описані у другому розділі, підготувати вихідні дані для проведення розрахунків та здійснити безпосередньо розрахунки показників динаміки та безпеки руху для обраних типів рухомого складу вузької колії в залежності від швидкості руху на різних ділянках залізничної колії. Далі послідовно розглянемо всі основні етапи проведення теоретичних досліджень динамічної навантаженості рухомого складу вузької колії на прикладі динаміки пасажирських вагонів.

4.1 Програмне забезпечення для дослідження просторових коливань рейкових екіпажів

На основі складеної математичної моделі руху пасажирського вагона [1] розроблено алгоритм і комп'ютерне програмне забезпечення CAR для оцінки його динамічних показників.

Програмний модуль CAR призначений для проведення динамічних розрахунків з метою оцінки безпеки руху пасажирського вагона або зчепу вагонів по заданому ділянці колії шляхом інтегрування рівнянь його руху. Програмний модуль CAR дозволяє:

- розглядати різні масово-інерційні та геометричні параметри вагона;
- імітувати широкий спектр різних випадків, що охоплюють всілякі поєднання параметрів технічного стану вагона;
- моделювати технічний стан рейкової колії з урахуванням дії зовнішніх збурень, пов'язаних з геометричним недосконалістю рейкової колії (просадки,

стики, нерівномірний знос). Значення нерівностей колії задаються у вигляді чисельної реалізації, як функція пройденого вагоном шляху;

- моделювати рух вагона з урахуванням роботи автозчепних пристроїв, що з'єднують досліджуваний вагон з сусідніми екіпажами поїзда;

- отримувати будь-який набір необхідних вихідних величин, що характеризують поведінку вагона в процесі руху.

При цьому вихідна інформація може мати вигляд таблиць або цифрових реалізацій зручних для подальшого графічного представлення.

Програма CAR має модульну структуру і складається з головного модуля і 13 підпрограм. Організація роботи програми здійснюється шляхом послідовного звернення до підпрограм, кожна з яких має певне функціональне призначення. Передача інформації між підпрограмами здійснюється за допомогою формальних і фактичних параметрів і COMMON-блоків.

Розрахункова оцінка динамічних показників рухомого пасажирського вагона проводиться шляхом аналізу результатів рішення нелінійних диференціальних рівнянь, що представляють динамічну модель коливань вагону. Рішення нелінійних диференціальних рівнянь отримані чисельно за методом Адамса-Башфорта.

Для достовірної оцінки динамічних якостей вагона відповідно до вимог чинних норм визначаються величини, які є основними показниками ходу залізничних вагонів. До таких величинам відносяться:

u_h та u_v – горизонтальне та вертикальне прискорення кузова;

H_r – сили, що діють на колісні пари в поперечному горизонтальному напрямку (рамні сили);

k_{dh} та k_{dv} – рамна сила в долях навантаження на вісь і коефіцієнт вертикальної динаміки;

k_{st} – коефіцієнт запасу стійкості колісних пар проти сходу з рейок за умовою вкочування;

W_v та W_h – показники плавності ходу вагона у вертикальному і горизонтальному поперечному напрямках.

Горизонтальні і вертикальні прискорення кузова визначаються в місцях опирання кузова на візки.

Значення k_{dh} визначаються з виразу $H_r / 2P$, де P – статична сила, що діє від колеса на рейку

Коефіцієнти вертикальної динаміки k_{dv} визначаються як відношення динамічних добавок вертикальних зусиль, що діють в буксовими підвішування, до статичного навантаження.

Значення коефіцієнта запасу стійкості від сходу колісної пари з рейок згідно ОСТ 24.050.37-84 визначається за такою формулою:

$$k_{st} = \frac{tg\beta - \mu}{1 + \mu tg\beta} \cdot \frac{P_n(1{,}03 - 1{,}17k^{*}_{dv} + 0{,}14k^{**}_{dv}) + 0{,}515q + 0{,}705H_r}{P_n(0{,}24 + 0{,}04k^{*}_{dv} - 0{,}28k^{**}_{dv}) + 0{,}121q + 0{,}92H_r},$$

де β – кут нахилу твірної гребеня колеса до горизонтальної осі;

μ – коефіцієнт тертя ковзання;

P_n – статичне навантаження на шийку осі;

q – вага необрессоренних частин;

k^{*}_{dv} та k^{**}_{dv} – коефіцієнти вертикальної динаміки для набігаючого і ненабегающего коліс.

Показники плавності ходу вагона визначаються за середнім значенням прискорень кузова вагона, пропущених через «фізіологічний фільтр». Оцінка плавності ходу проводиться відповідно до СОУ МПП 45.060-204:2007.

Нормативні значення основних нормованих параметрів для пасажирського вагона наведено в таблиці 4.1 і таблиці 4.2

Таблиця 4.1 - Нормативні значення динамічних показників елементів вагона

Оцінка якості ходу	$\ddot{y}_П$, g	$\ddot{z}_П$, g	k_{dh}	k_{dv}
Відмінно	0,05	0,12	0,12	0,28
Добре	0,1	0,15	0,17	0,33
Задовільно	0,12	0,2	0,25	0,37

Таблиця 4.2 - Нормативні значення показника плавності ходу

Оцінка плавності ходу	W
Дуже добре	2,0
Добре	2,0–2,5
Достатньо	2,5–3,0
Граничне	3,0–3,25

Для безпечного руху мінімальне значення коефіцієнта запасу стійкості колісних пар проти сходу з рейок не повинно бути нижче 1,6.

4.2 Підготовка вихідних даних для проведення теоретичних досліджень

При підготовці вихідних даних для проведення теоретичних досліджень використовувалися технічні проекти вантажних та пасажирських вагонів для вузької колії, які розроблялися безпосередньо за участю автора. Для прикладу, в таблиці 4.3 наведено вихідні дані для проведення розрахунків динамічних якостей пасажирського вагону вузької колії, які отримано автором за результатами розробки конструкцій пасажирських вагонів та розрахунку параментрів їх основних елементів [15, 20, 23, 28, 36].

Таблиця 4.3 – Вихідні дані для проведення розрахунків динамічних якостей пасажирського вагону вузької колії

Найменування параметру	Величина параметру
1	2
Ширина колії, мм	750
Маса кузова, т	9,0
Маса візка, т	1,5
Маса рами, т	0,44
Маса колісної пари, т	0,5
Маса надресорної балки, т	0,06
Моменти інерції кузова відносно головних центральних осей:	
повздовжньої, т · м^2	17,53
поперечної, т · м^2	68,57
вертикальної, т · м^2	65,72
Моменти інерції рами візка відносно головних центральних осей:	
повздовжньої, т · м^2	0,2
поперечної, т · м^2	0,2
вертикальної, т · м^2	0,4
Моменти інерції надресорної балки відносно головних центральних осей:	
повздовжньої, т · м^2	0,14
поперечної, т · м^2	0,035
вертикальної, т · м^2	0,14
Моменти інерції колісної пари відносно головних центральних осей:	
повздовжньої, т · м^2	0,16
поперечної, т · м^2	0,003
вертикальної, т · м^2	0,16
База вагона, м	7,200
База візка, м	1,2

Закінчення таблиці 4.3

1	2
Відстань між осями центральних пружин комплектів ресорного підвішування візка, м	0,89
Висота центру мас кузова над площиною опирання на комплекти ресорного підвішування, м	1,3
Відстань між середніми колами катання колісних пар, м	0,8
Радіус колеса, м	0,250
Відстань між елементами буксового підвішування візка в поперечному напрямку, м	1,113
Відстань між гасителями в поперечному напрямку, м	1,113
Жорсткості комплекту пружин центрального підвішування:	
вертикальна, т/м	4,9/9,8/16,4
поперечна, т/м	4,0/8,0/13,4
повздовжня, т/м	4,0/8,0/13,4
В'язке тертя в центральному підвішуванні	
у вертикальному напрямку, т · с / м	0,3/0,6/1,0
у горизонтальному напрямку, т · с /м	0,3/0,6/1,0
Жорсткості буксового підвішування (на буксу):	
повздовжня, т/м	510/1020
горизонтальна, т/м	8,2/16,4/27,3
вертикальна, т/м	5,1/10,3/17,1
В'язке тертя в буксовому підвішуванні в вертикальному напрямку, т · с /м	0,25/0,5/0,81
Кутова жорсткість зв’язку кузов-надресорна балка при бічній хитавиці, т · м /рад	500,0
Зазор в ковзунах, м	0,001
Момент сил сухого тертя, що діє в горизонтальній площині при взаємних поворотах кузова і надресорної балки, т · м	0,08

4.3 Моделювання нерівностей рейкових ниток залізничної колії

В роботі задано нерівності рейкових ниток для збудження коливань механічної системи. Нерівності сформовано за результатами багатьох експериментальних досліджень динаміки рухомого складу на різних ділянках колії [101, 117-128, 195, 197-202], що дозволило згенерувати нерівності з необхідними статистичними характеристиками.

На рис. 4.1–4.4 представлено осцилограми горизонтальних і вертикальних нерівностей для лівої та правої рейок.

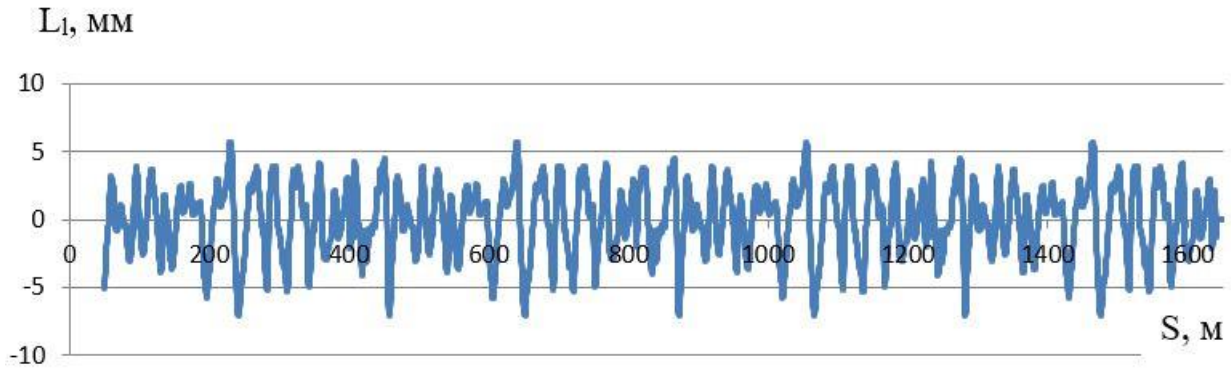


Рисунок 4.1 – Осцилограма горизонтальних нерівностей лівої рейки

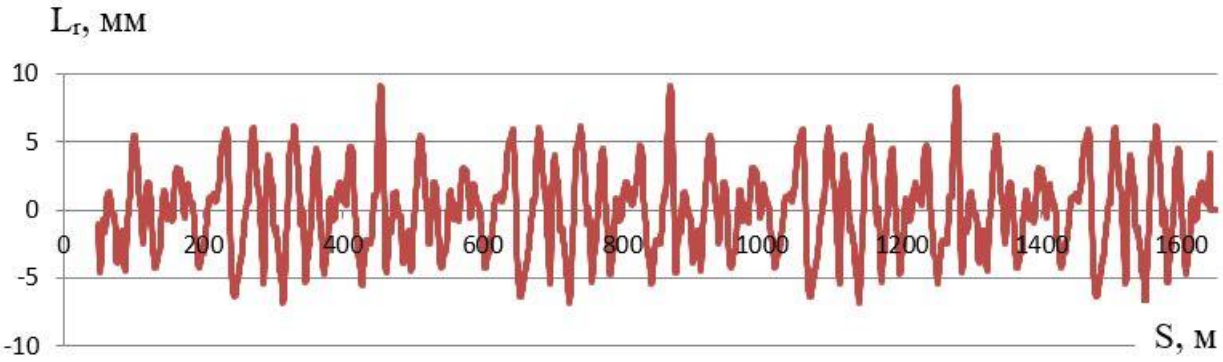


Рисунок 4.2 – Осцилограма горизонтальних нерівностей правої рейки

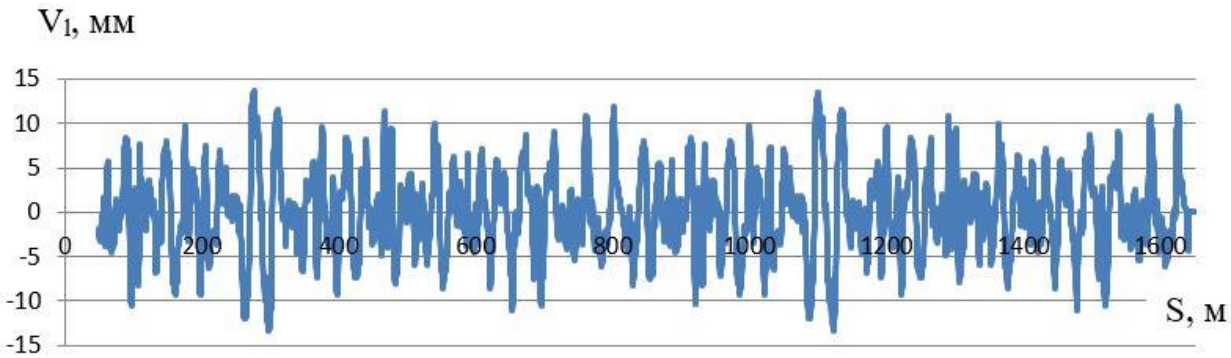


Рисунок 4.3 – Осцилограма вертикальних нерівностей лівої рейки

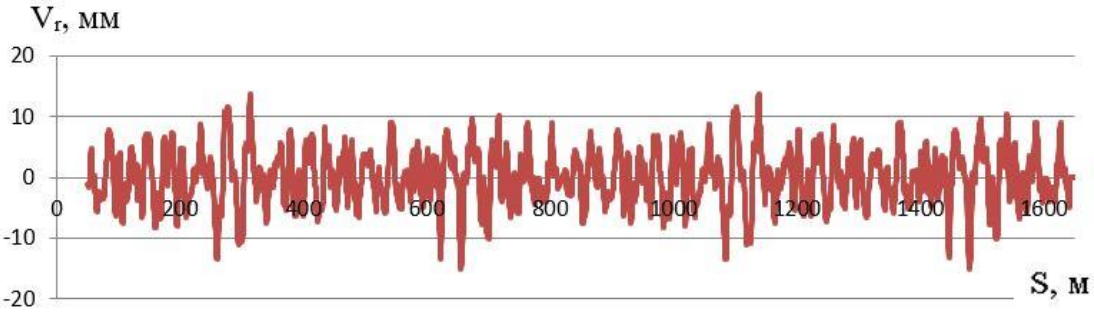


Рисунок 4.4 – Осцилограма вертикальних нерівностей правої рейки

Для розрахунку основних показників динаміки та безпеки руху пасажирського вагону в роботі розглянуто різні комбінації параметрів ресорного підвішування [101, 103, 115].

4.4 Результати математичного моделювання просторових коливань пасажирських вагонів вузької колії

При проведені теоретичних досліджень динаміки пасажирських вагонів вузької колії застосовувалося програмне забезпечення, яке базується на математичних моделях, що розроблені автором та описані у розділі 2. В розрахунках динамічних якостей та показників безпеки руху і комфорту приймалися до уваги особливості конструкції запропонованих моделей пасажирських вагонів, що описані автором у розділі 3, та досліджувалися варіанти удосконалення параметрів ресорного підвішування для визначення найбільш прийнятних їх комбінацій та отримання найкращих показників

динаміки та безпеки руху. Дослідження з вибору параметрів ресорного підвішування наприклад прокодилося професором Дановичем В. Д. та його учнями [113-115]. Для проведення розрахунків прийнято наступні варіанти параметрів центрального та буксового ресорного підвішування:

Варіант 1	Центральне підвішування	горизонтальне поперечне – 4,0 Т/м
		поздовжнє – 4,0 Т/м
		вертикальне – 4,9 Т/м
	буксове підвішування	горизонтальне поперечне– 8,2 Т/м
		поздовжнє – 510,0 Т/м
		вертикальне – 5,1 Т/м
Варіант 2	Центральне підвішування	горизонтальне поперечне – 8,0 Т/м
		поздовжнє – 8,0 Т/м
		вертикальне – 9,8 Т/м
	буксове підвішування	горизонтальне поперечне– 8,2 Т/м
		поздовжнє – 510,0 Т/м
		вертикальне – 5,1 Т/м
Варіант 3	Центральне підвішування	горизонтальне поперечне – 13,4 Т/м
		поздовжнє – 13,4 Т/м
		вертикальне – 16,4 Т/м
	буксове підвішування	горизонтальне поперечне– 8,2 Т/м
		поздовжнє – 510,0 Т/м
		вертикальне – 5,1 Т/м
Варіант 4	Центральне підвішування	горизонтальне поперечне – 4,0 Т/м
		поздовжнє – 4,0 Т/м
		вертикальне – 4,9 Т/м
	буксове підвішування	горизонтальне поперечне– 16,4 Т/м
		поздовжнє – 1020,0 Т/м
		вертикальне – 10,3 Т/м
Варіант 5	Центральне підвішування	горизонтальне поперечне – 8,0 Т/м

		поздовжнє – 8,0 Т/м
		вертикальне – 9,8 Т/м
	буксове підвішування	горизонтальне поперечне – 16,4 Т/м
		поздовжнє – 1020,0 Т/м
		вертикальне – 10,3 Т/м
Варіант 6	Центральне підвішування	горизонтальне поперечне – 13,4 Т/м
		поздовжнє – 13,4 Т/м
		вертикальне – 16,4 Т/м
	буксове підвішування	горизонтальне поперечне – 16,4 Т/м
		поздовжнє – 1020,0 Т/м
		вертикальне – 10,3 Т/м
Варіант 7	Центральне підвішування	горизонтальне поперечне – 4,0 Т/м
		поздовжнє – 4,0 Т/м
		вертикальне – 4,9 Т/м
	буксове підвішування	горизонтальне поперечне– 27,3 Т/м
		поздовжнє – 1020,0 Т/м
		вертикальне – 17,1 Т/м
Варіант 8	Центральне підвішування	горизонтальне поперечне – 8,0 Т/м
		поздовжнє – 8,0 Т/м
		вертикальне – 9,8 Т/м
	буксове підвішування	горизонтальне поперечне – 27,3 Т/м
		поздовжнє – 1020,0 Т/м
		вертикальне – 17,1 Т/м
Варіант 9	Центральне підвішування	горизонтальне поперечне – 13,4 Т/м
		поздовжнє – 13,4 Т/м
		вертикальне – 16,4 Т/м
	буксове підвішування	горизонтальне поперечне – 27,3 Т/м
		поздовжнє – 1020,0 Т/м
		вертикальне – 17,1 Т/м

Дані варіанти комбінацій параметрів буксового та центрального ресорного підвішування обрані за результатами опрацювання технічних рішень реалізації систем гасіння коливань рухомого складу вузької колії. Швидкість руху для всіх варіантів розрахунку розглядалася в діапазоні від 20 до 100 км/год з кроком 20 км/год. Рух пасажирського вагону розглядався прямолінійними та криволінійними ділянками колії з круговими кривими радіусами 300 та 650 м.

Результати розрахунків представлено у вигляді графіків основних динамічних характеристик, а саме: горизонтальні поперечні та вертикальні прискорення кузова в зонах спирання на візки (п'ятники) в м/с^2, рамні сили в тоннах, коефіцієнти вертикальної динаміки та коефіцієнти стійкості від сходу колісної пари з рейок. На графіках лінії "отл" та "уд" відповідають відмінному та задовільному стану показника, а номер варіанта відповідає номеру комбінації параметрів центрального та буксового підвішування від 1 до 9. З метою більш наглядного представлення результатів графіки розділено на три групи варіантів: перша – вар. 1, 2, 3 (рис. 4.5-4.19); друга – вар. 4, 5, 6 (рис. 4.20-4.34); третя – вар. 7, 8, 9 (рис. 4.35-4.49).

ВАРІАНТИ 1-3

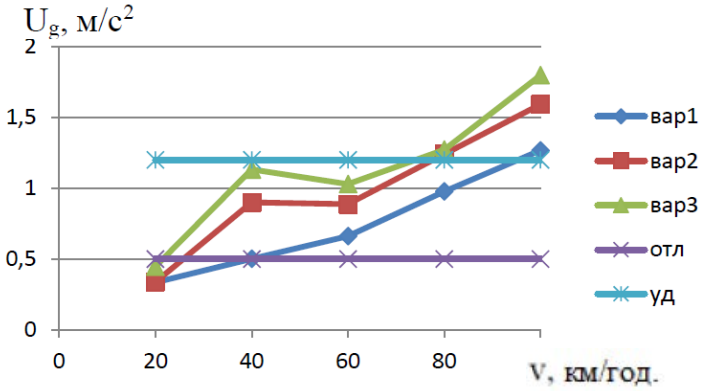


Рисунок 4.5 – Горизонтальне прискорення (пряма)

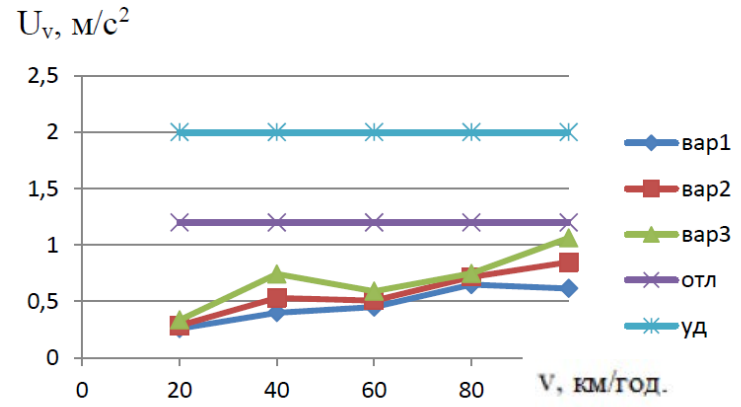


Рисунок 4.6 – Вертикальне прискорення (пряма)

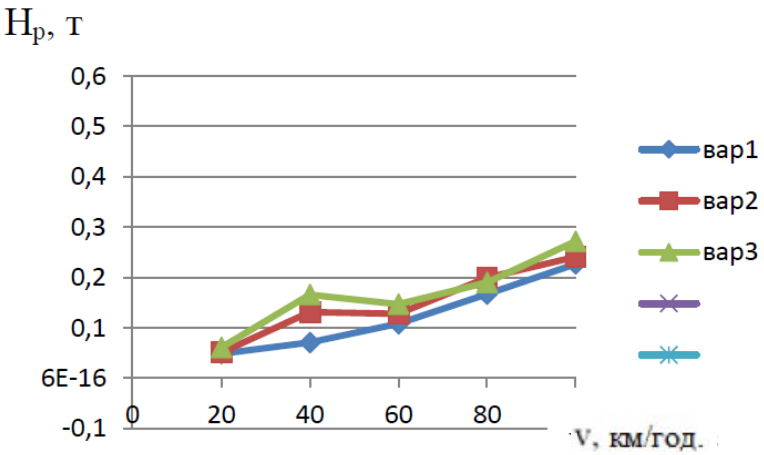


Рисунок 4.7 – Рамна сила (пряма)

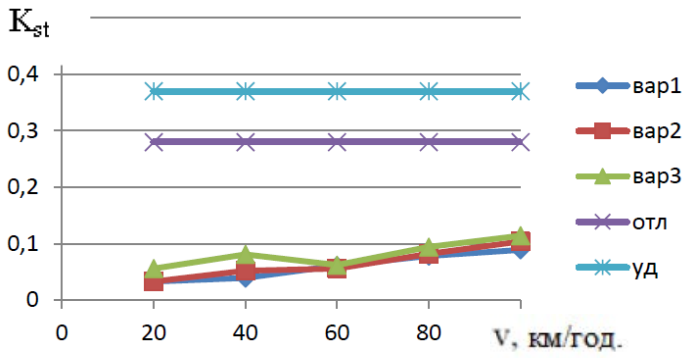


Рисунок 4.8 – Коефіцієнт стійкості від сходу (пряма)

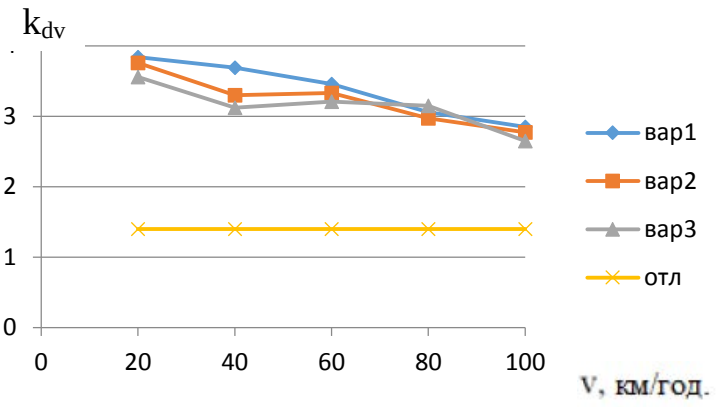


Рисунок 4.9 – Коефіцієнт динаміки вертикальний (пряма)

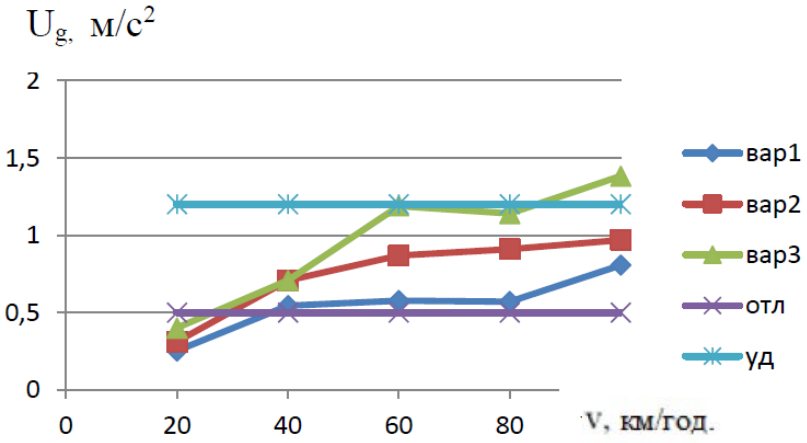


Рисунок 4.10 – Горизонтальне прискорення (крива 300 м)

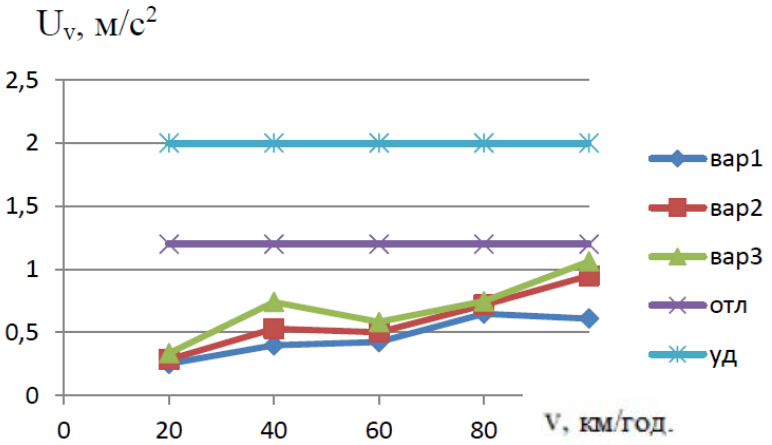


Рисунок 4.11 – Вертикальне прискорення (крива 300 м)

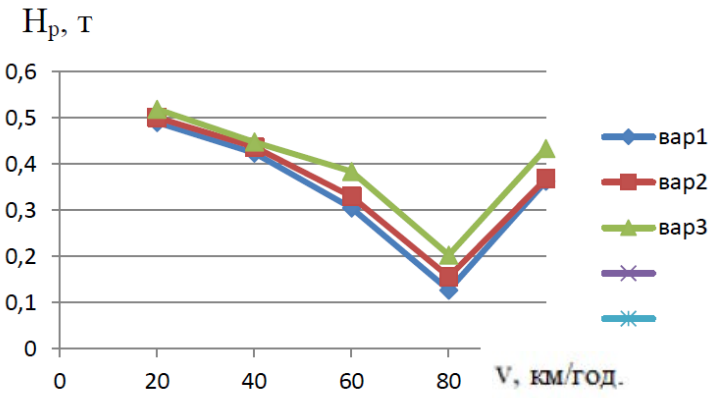


Рисунок 4.12 – Рамна сила (крива 300 м)

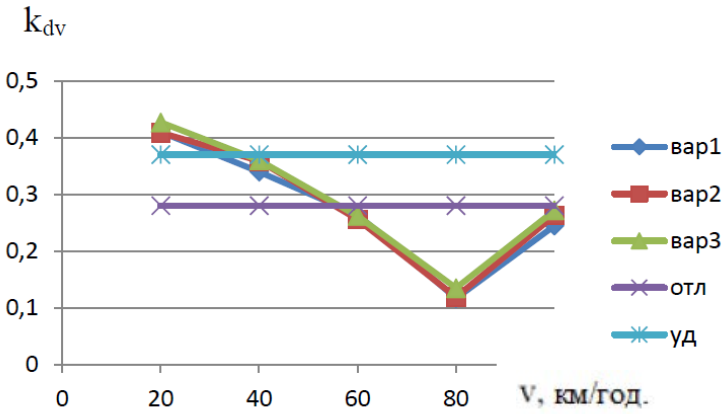


Рисунок 4.13 – Коефіцієнт динаміки вертикальний (крива 300 м)

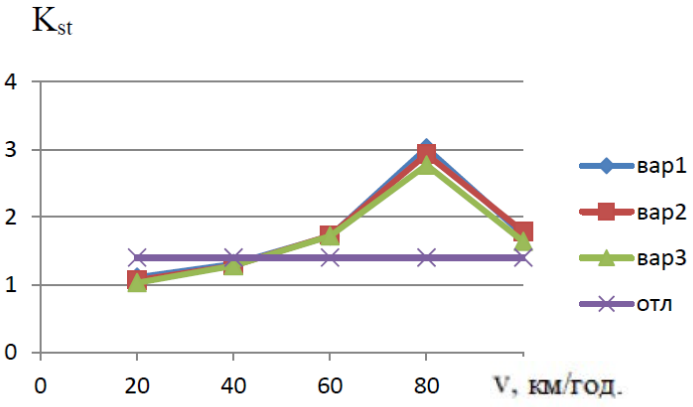


Рисунок 4.14 – Коефіцієнт стійкості від сходу (крива 300 м)

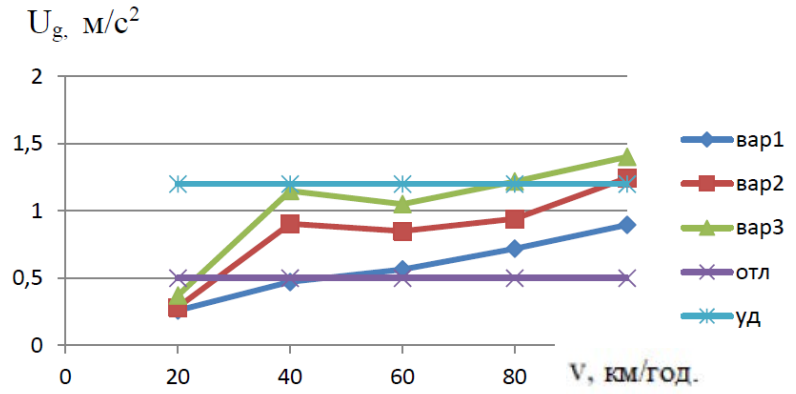


Рисунок 4.15 – Горизонтальне прискорення (крива 650 м)

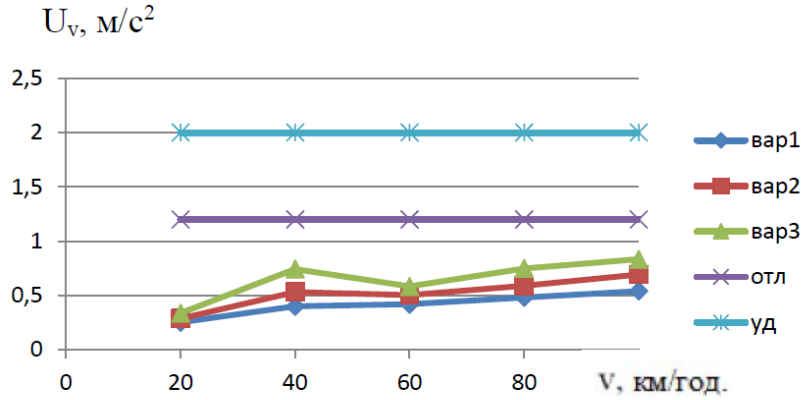


Рисунок 4.16 – Вертикальне прискорення (крива 650 м)

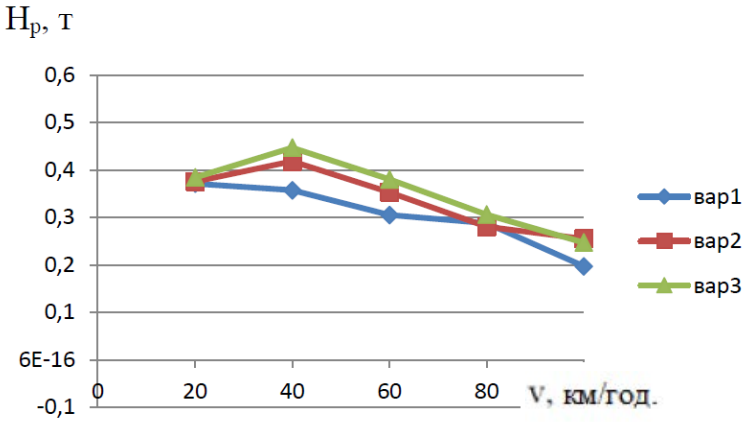


Рисунок 4.17 – Рамна сила (крива 650 м)

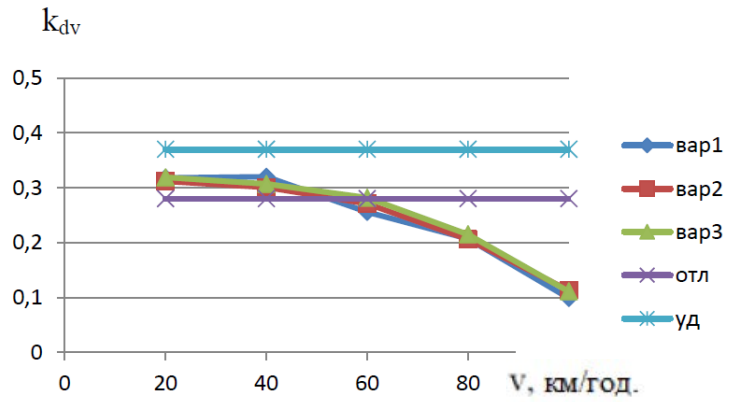


Рисунок 4.18 – Коефіцієнт динаміки вертикальний (крива 650 м)

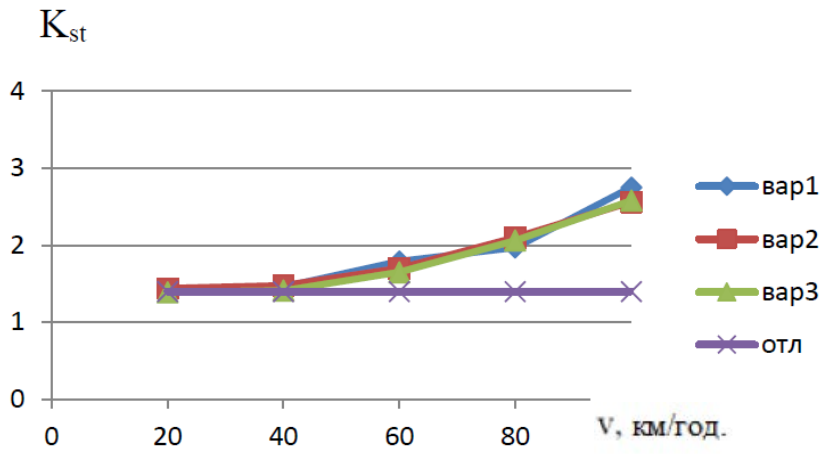


Рисунок 4.19 – Коефіцієнт стійкості від сходу (крива 650 м)

ВАРІАНТИ 4-6

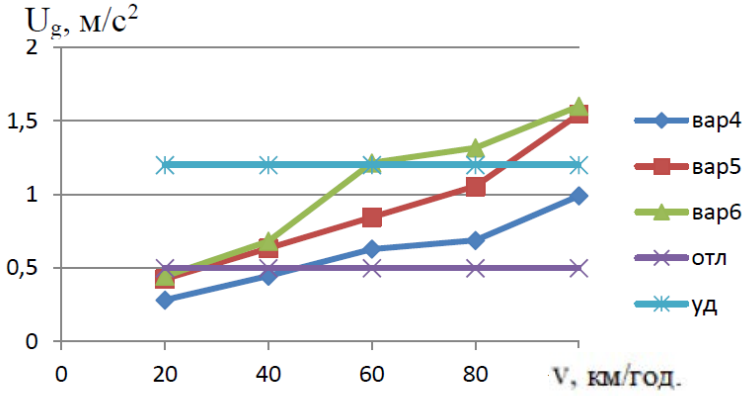


Рисунок 4.20 – Горизонтальне прискорення (пряма)

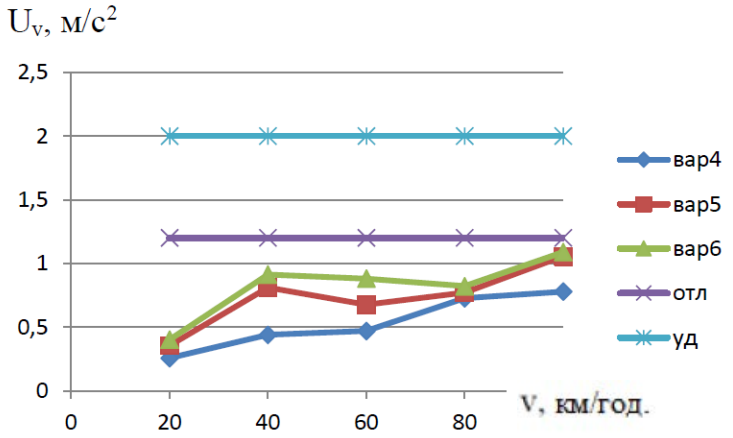


Рисунок 4.21 – Вертикальне прискорення (пряма)

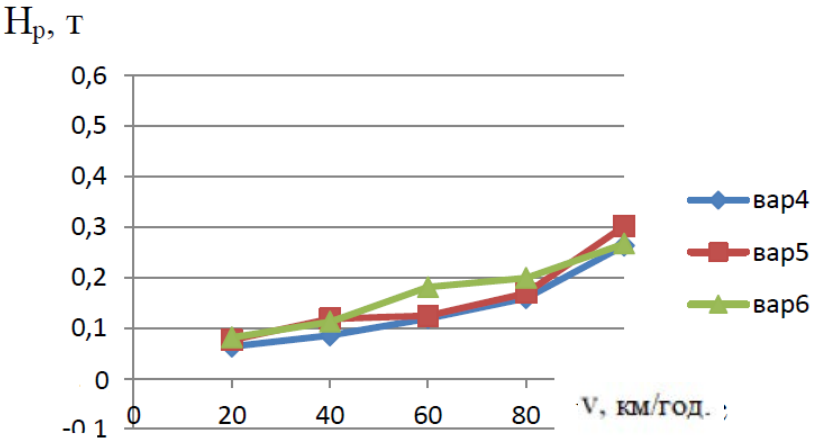


Рисунок 4.22 – Рамна сила (пряма)

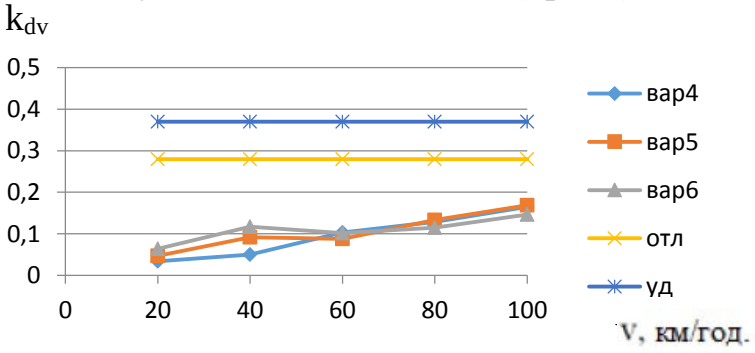


Рисунок 4.23 – Коефіцієнт динаміки вертикальний (пряма)

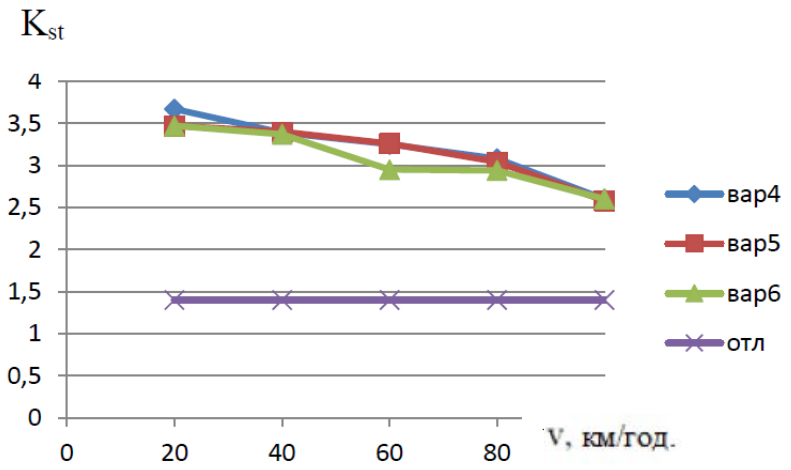


Рисунок 4.24 – Коефіцієнт стійкості від сходу (пряма)

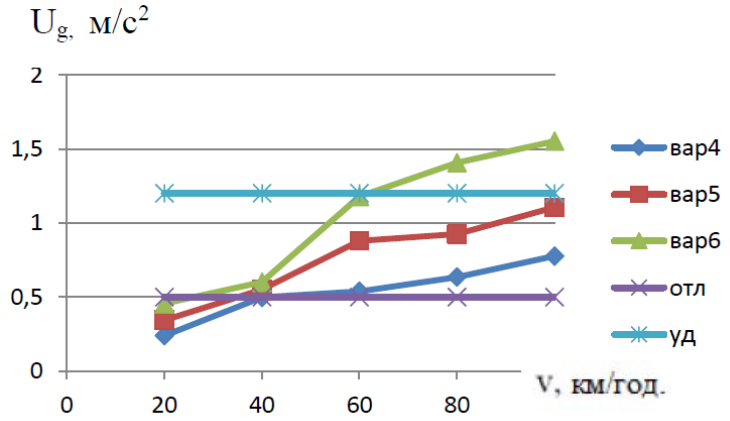


Рисунок 4.25 – Горизонтальне прискорення (крива 300 м)

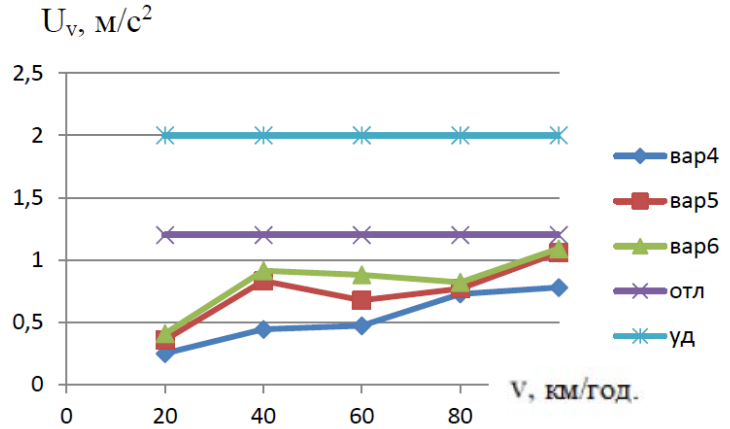


Рисунок 4.26 – Вертикальне прискорення (крива 300 м)

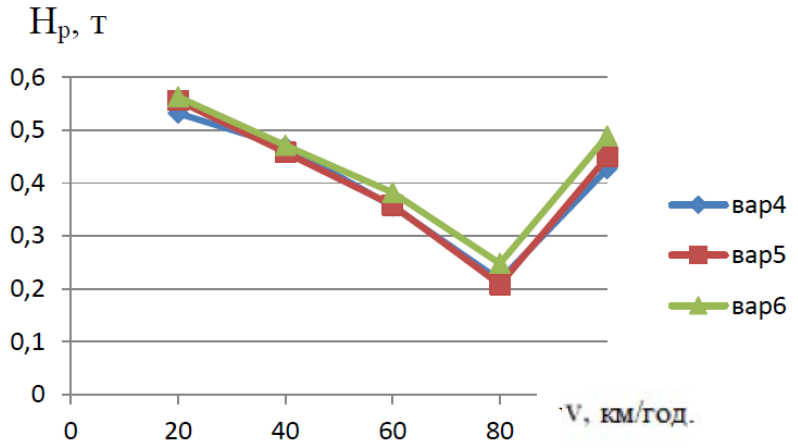


Рисунок 4.27 – Рамна сила (крива 300 м)

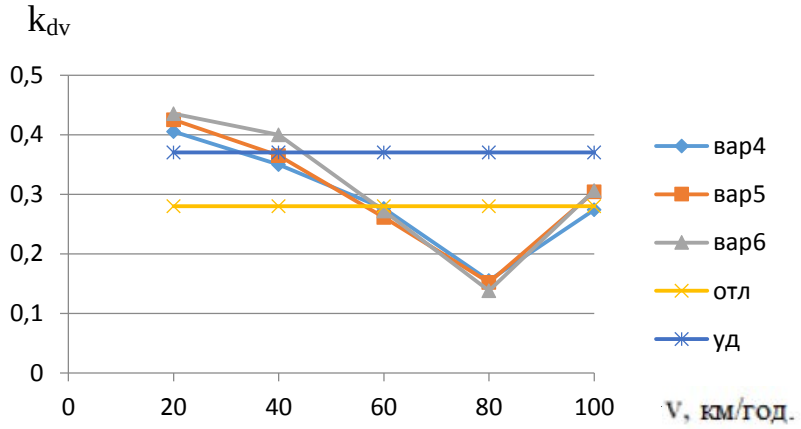


Рисунок 4.28 – Коефіцієнт динаміки вертикальний (крива 300 м)

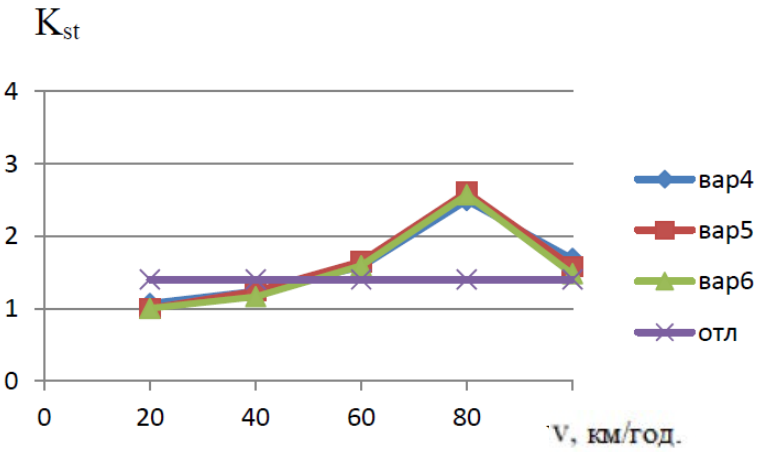


Рисунок 4.29 – Коефіцієнт стійкості від сходу (крива 300 м)

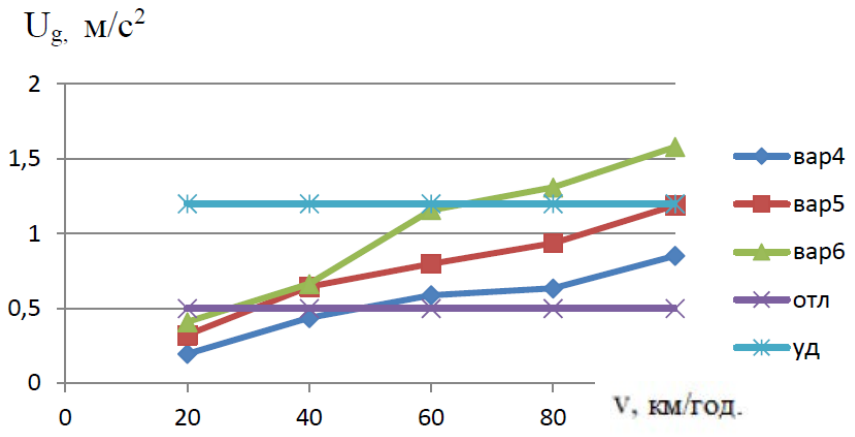


Рисунок 4.30 – Горизонтальне прискорення (крива 650 м)

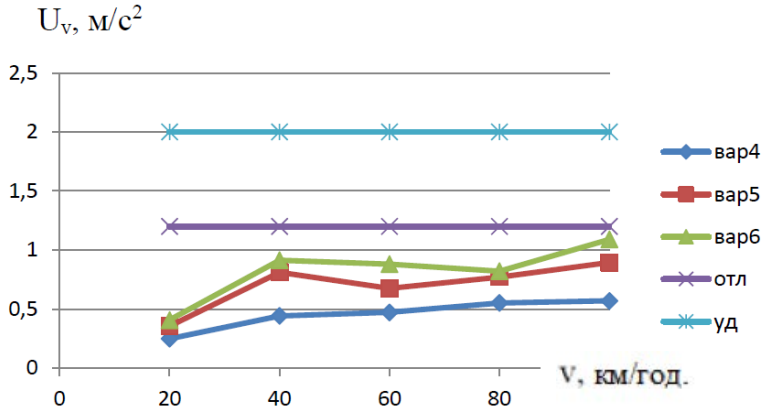


Рисунок 4.31 – Вертикальне прискорення (крива 650 м)

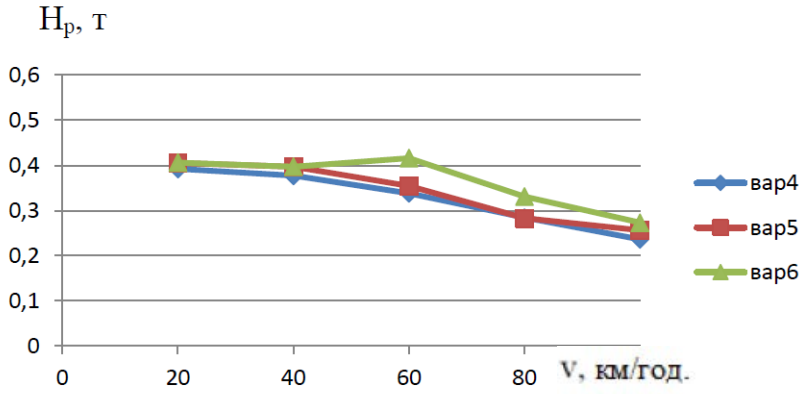


Рисунок 4.32 – Рамна сила (крива 650 м)

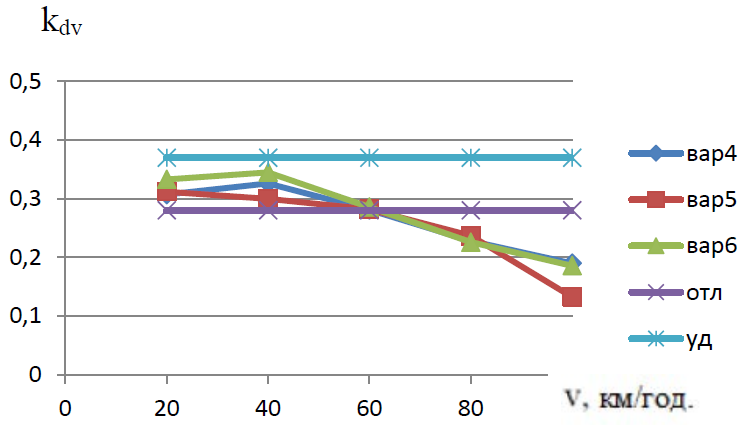


Рисунок 4.33 – Коефіцієнт динаміки вертикальний (крива 650 м)

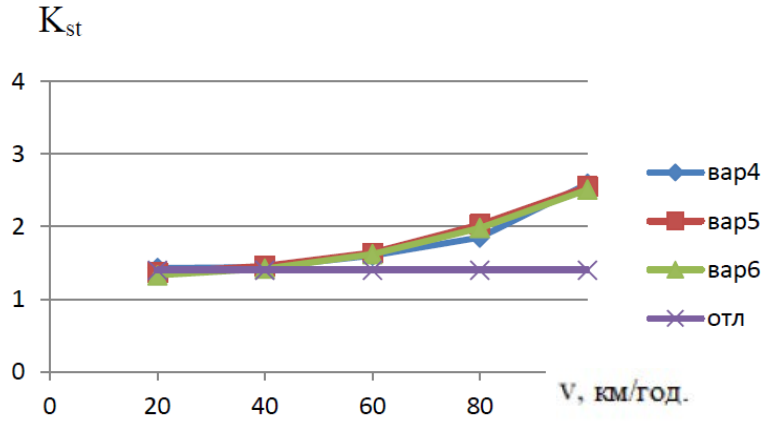


Рисунок 4.34 – Коефіцієнт стійкості від сходу (крива 650 м)

ВАРІАНТИ 7-9

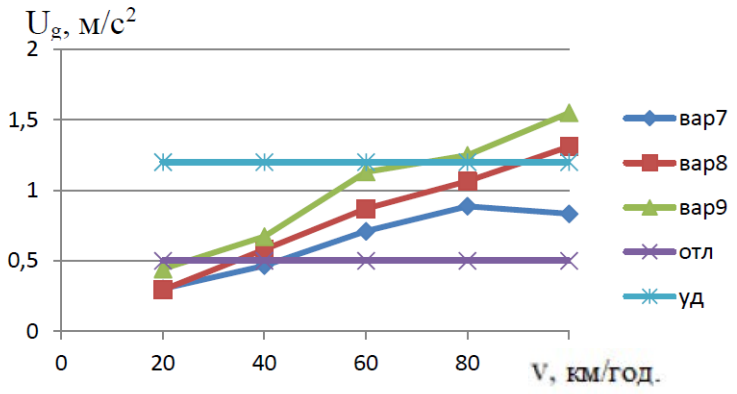


Рисунок 4.35 – Горизонтальне прискорення (пряма)

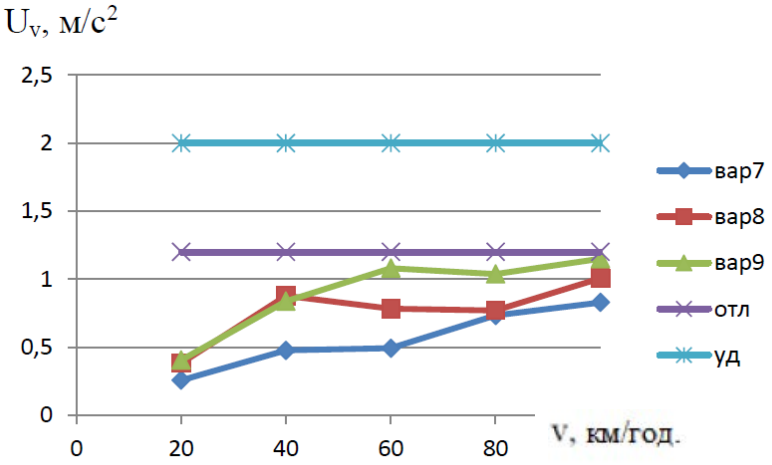


Рисунок 4.36 – Вертикальне прискорення (пряма)

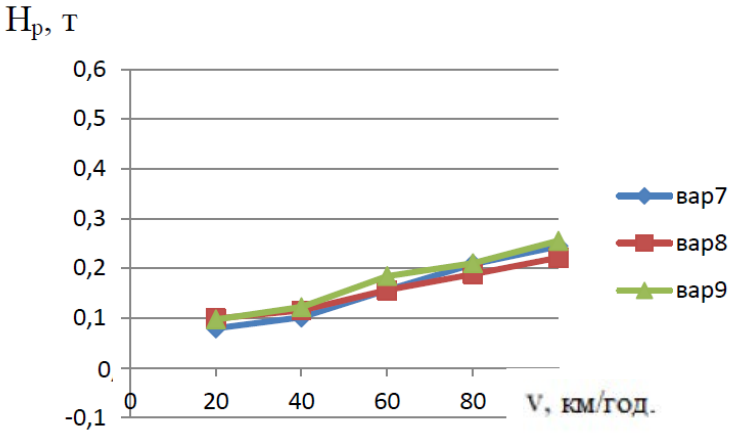


Рисунок 4.37 – Рамна сила (пряма)

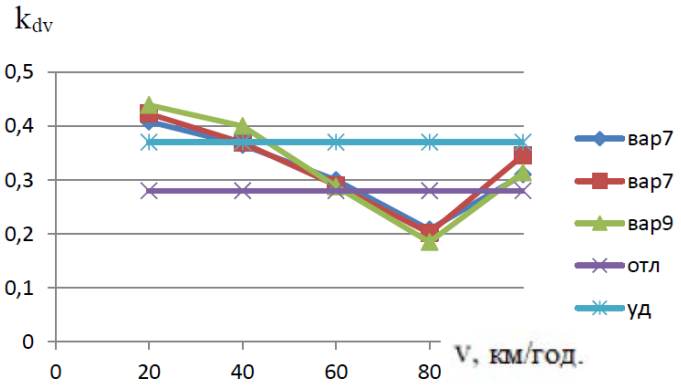


Рисунок 4.38 – Коефіцієнт динаміки вертикальний (пряма)

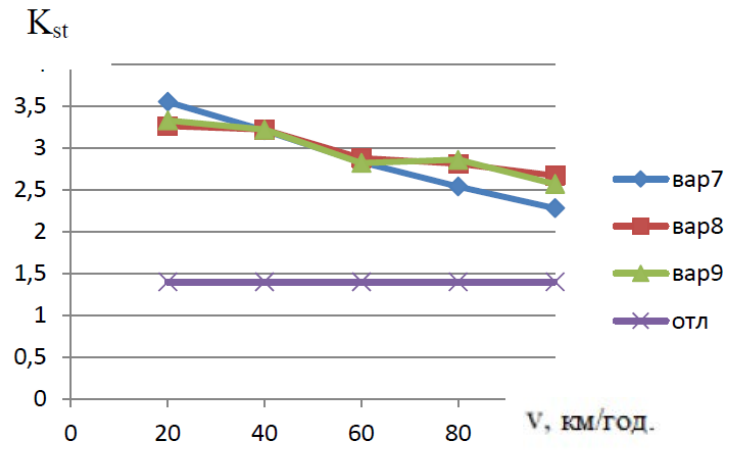


Рисунок 4.39 – Коефіцієнт стійкості від сходу (пряма)

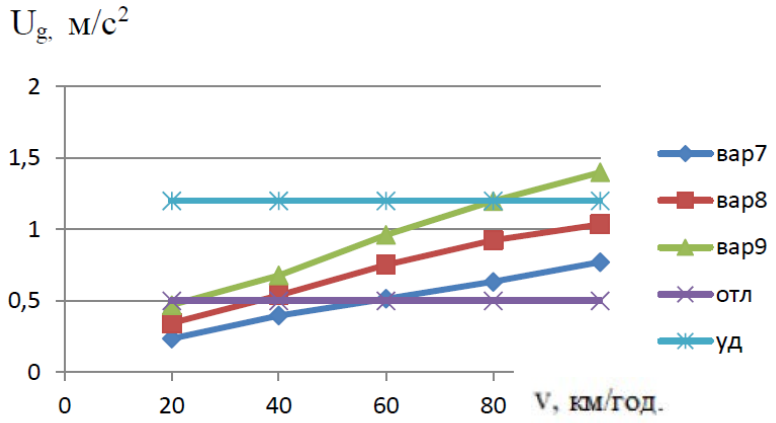


Рисунок 4.40 – Горизонтальне прискорення (крива 300 м)

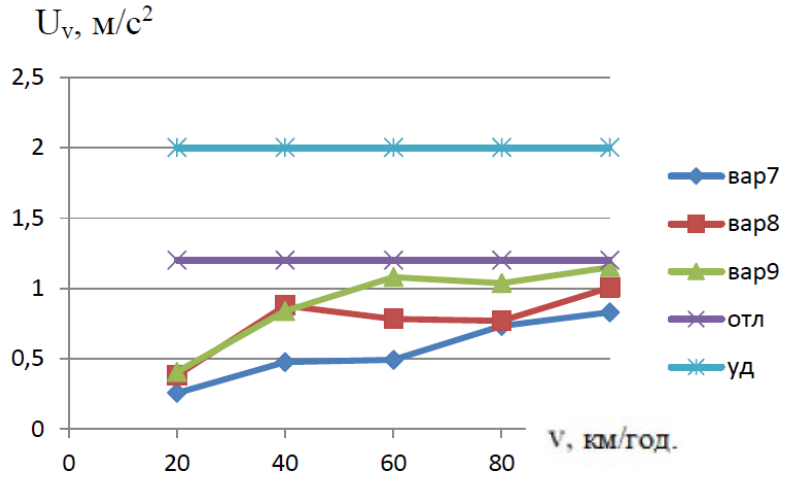


Рисунок 4.41 – Вертикальне прискорення (крива 300 м)

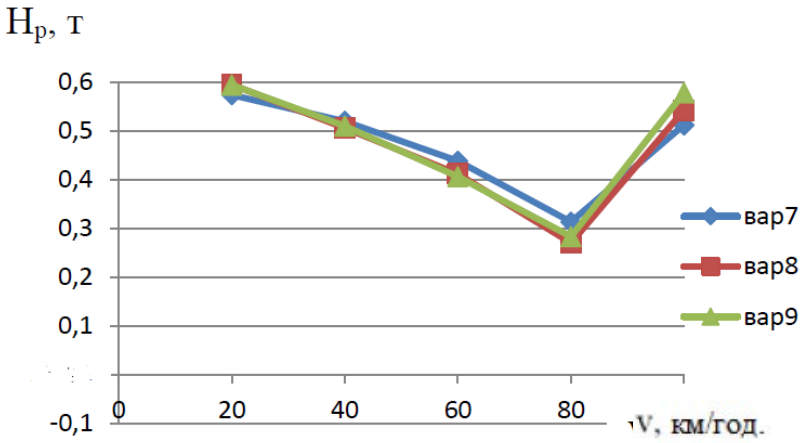


Рисунок 4.42 – Рамна сила (крива 300 м)

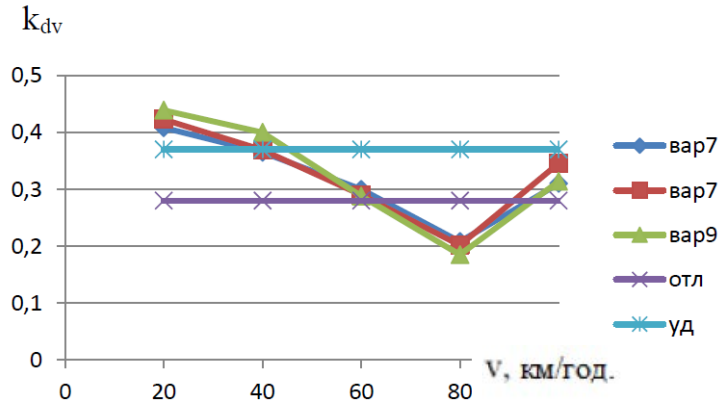


Рисунок 4.43 – Коефіцієнт динаміки вертикальний (крива 300 м)

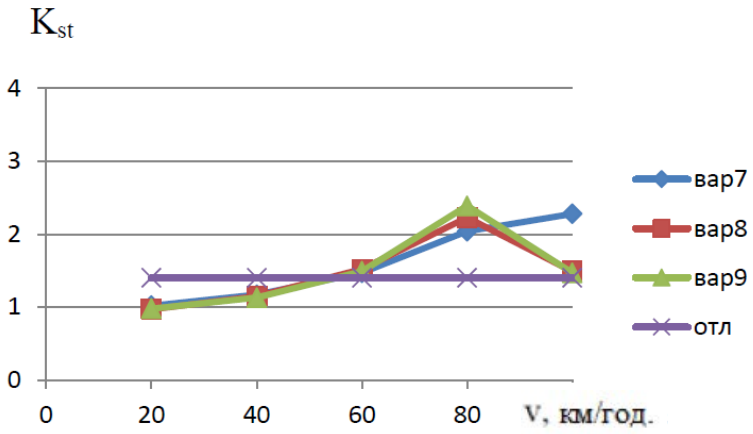


Рисунок 4.44 – Коефіцієнт стійкості від сходу (крива 300 м)

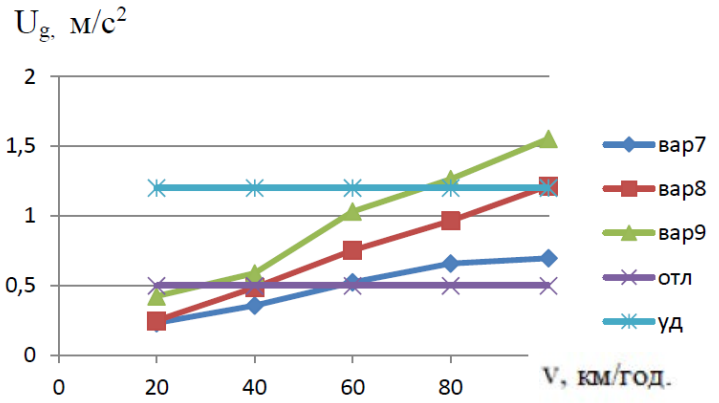


Рисунок 4.45 – Горизонтальне прискорення (крива 650 м)

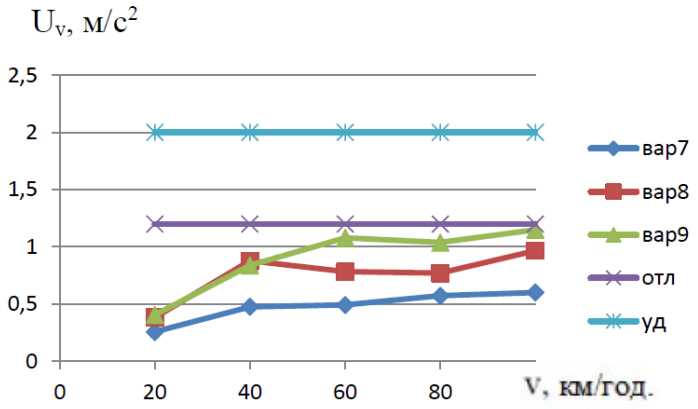


Рисунок 4.46 – Вертикальне прискорення (крива 650 м)

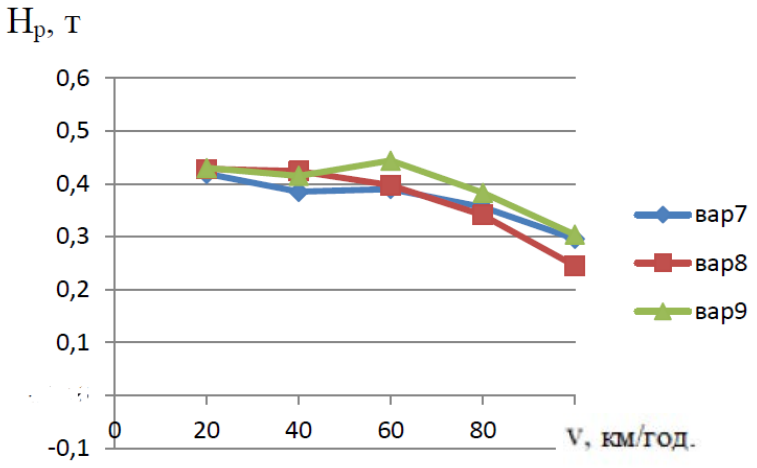


Рисунок 4.47 – Рамна сила (крива 650 м)

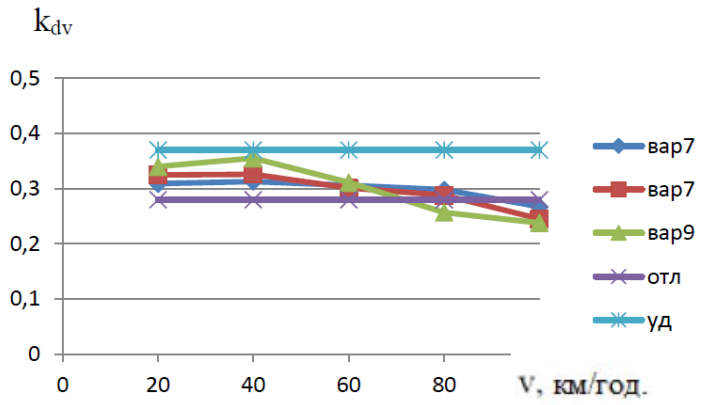


Рисунок 4.48 – Коефіцієнт динаміки вертикальний (крива 650 м)

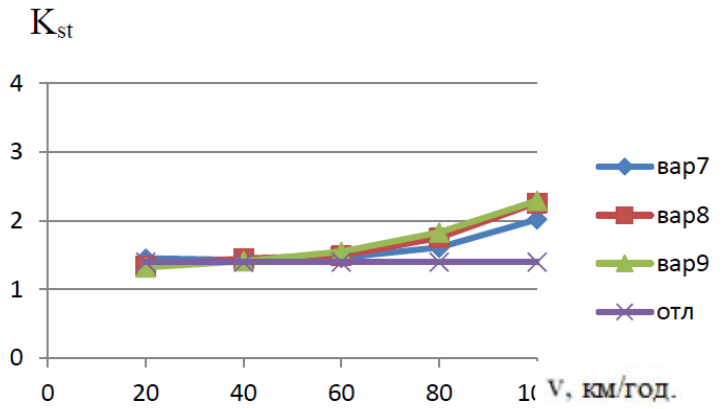


Рисунок 4.49 – Коефіцієнт стійкості від сходу (крива 650 м)

З аналізу графіків слідує, що найкращі показники вагон має для варіантів з «м'яким» центральним підвішуванням (вар. 1, 4, 7). При цьому дещо кращі динамічні характеристики для більш «жорсткого» буксового підвішування (варіанти 4 та 7).

Є застереження щодо коефіцієнту вертикальної динаміки і стійкістю колісних пар вагона від сходу в кривій 300 м при низьких швидкостях руху. Судячи з усього, вона пов'язана з наявністю великого непогашеного прискорення, яке спрямоване не назовні кривої (як ми зазвичай вважаємо), а всередину. Це явище пов'язане з шириною колії.

Непогашене прискорення:

$$a_н = \frac{v^2}{R} - \frac{gh}{2d},$$

де v – швидкість руху, м/с;

h – підвищення зовнішньої рейки;

$2d$ – відстань між середніми колами катання колісної пари;

g – прискорення вільного падіння;

R – радіус кривої.

Тому рівноважна швидкість досить висока.

Для кривої R=300 м, h=0,15 м

$a_н$= 0 v=84,5 км/год

$a_н$= 0,7 м/с^2 v=99,3 км/год

$a_н$=- 0,7 м/с^2 v=66,5 км/год

Для кривої R=650 м, h=0,11 м

$a_н$=0 v=106,5 км/год

$a_н$=0,7 м/с^2 v=131,3 км/год

$a_н$=- 0,7 м/с^2 v=73,8 км/год

Усередині цих проміжків все «відмінно» навіть для кривої 300 м.

Для прикладу наведемо осцилограми основних динамічних процесів, які отримані у 7 варіанті параметрів ресорного підвішування. Аналогічні осцилограми динамічних процесів отримано і для інших варіантів вихідних даних ресорного підвішування (рис. 4.50-4.59).

Рух пасажирського вагону розглядається колією на відстані 1600 м, з яких пряма 500 м, перехідна крива 150 м, кругова крива 500 м (радіусом 300 м), перехідна крива 150 м та пряма ділянка колії 350 м. Саме таке розташування ділянок колії дозволяє розглядати перехідні та встановлені динамічні процеси.

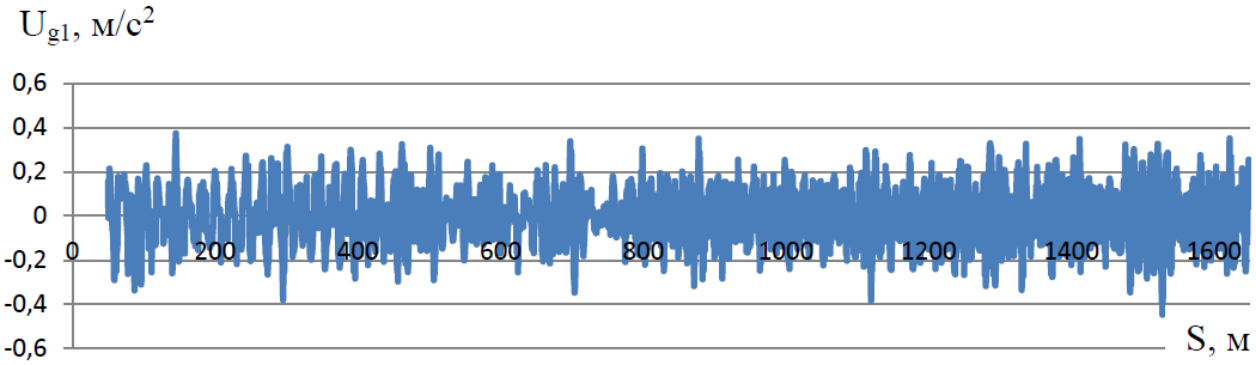


Рисунок 4.50 – Горизонтальне прискорення кузова (п’ятник 1)

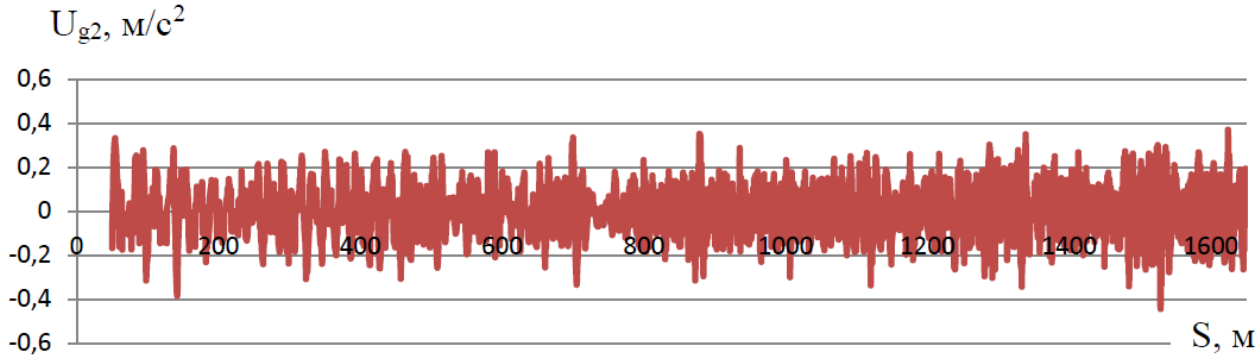


Рисунок 4.51 – Горизонтальне прискорення кузова (п’ятник 2)

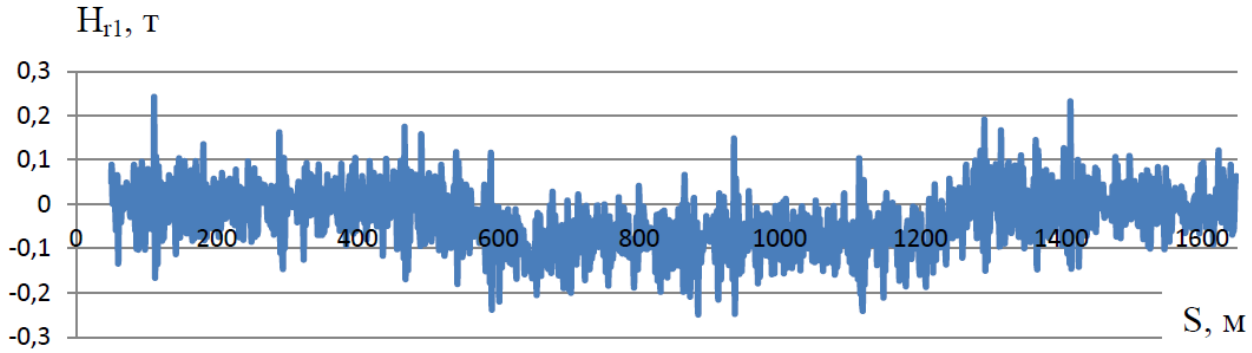


Рисунок 4.52 – Рамна сила 1

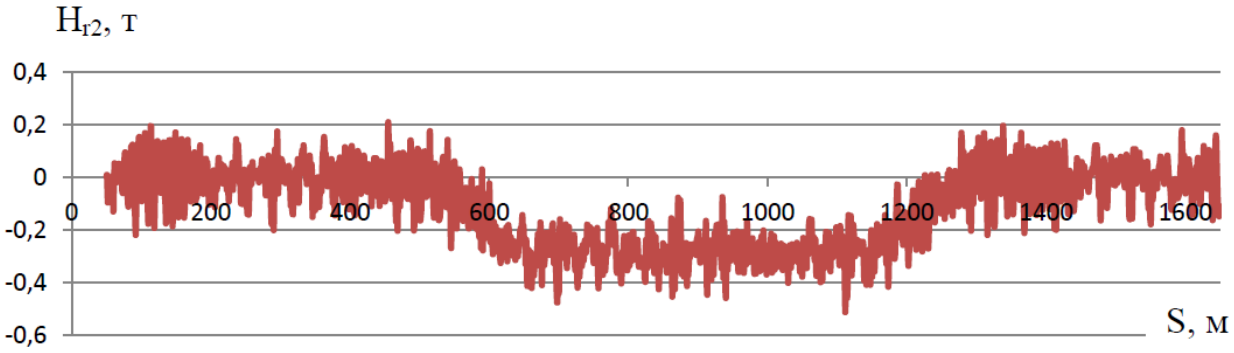


Рисунок 4.53 – Рамна сила 2

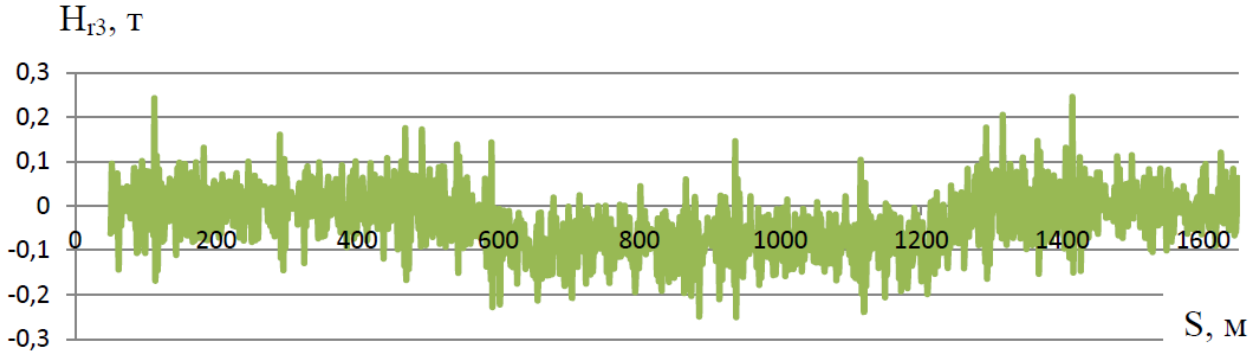


Рисунок 4.54 – Рамна сила 3

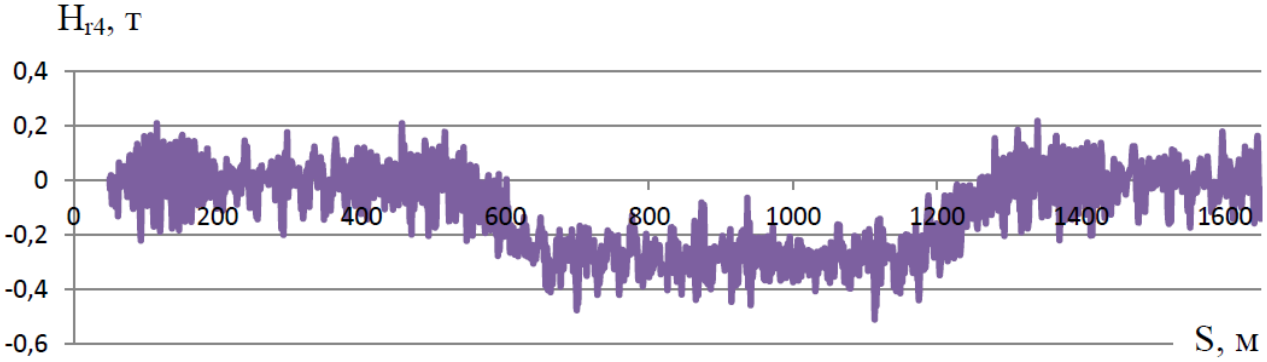


Рисунок 4.55 – Рамна сила 4

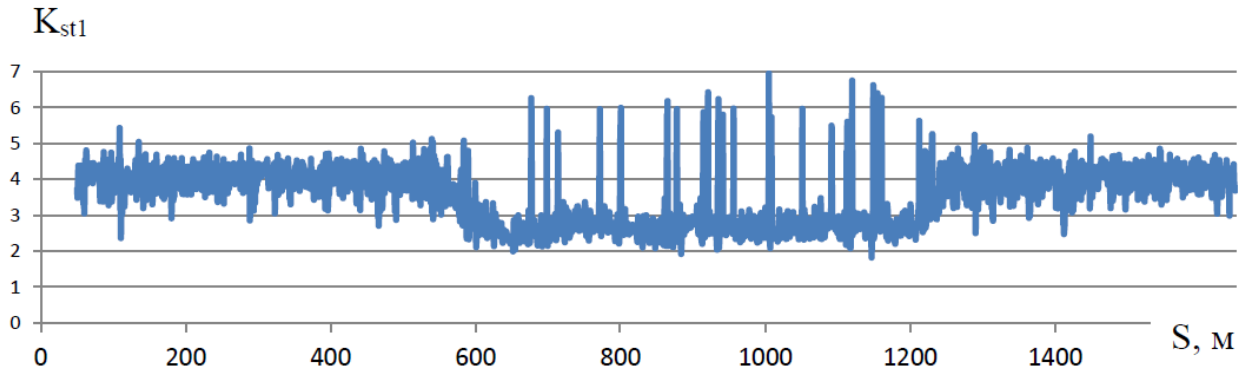


Рисунок 4.56 – Коефіцієнт стійкості від сходу (колісна пара 1)

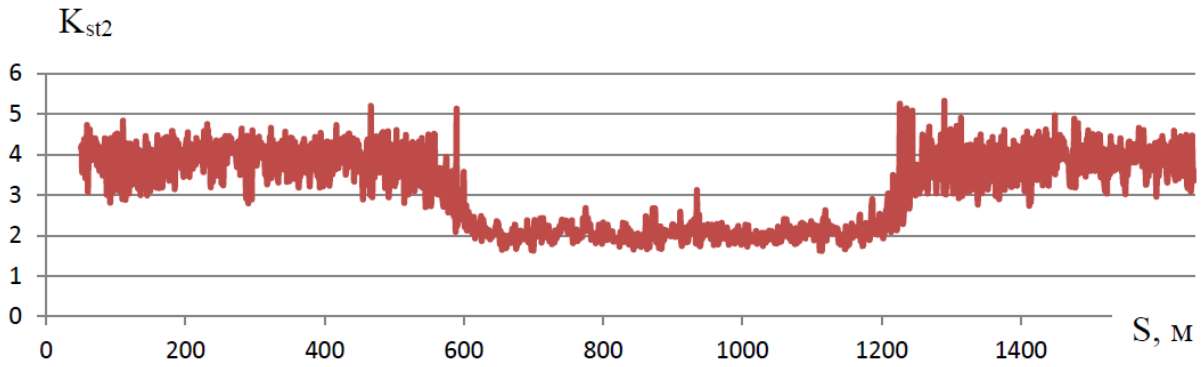


Рисунок 4.57 – Коефіцієнт стійкості від сходу (колісна пара 2)

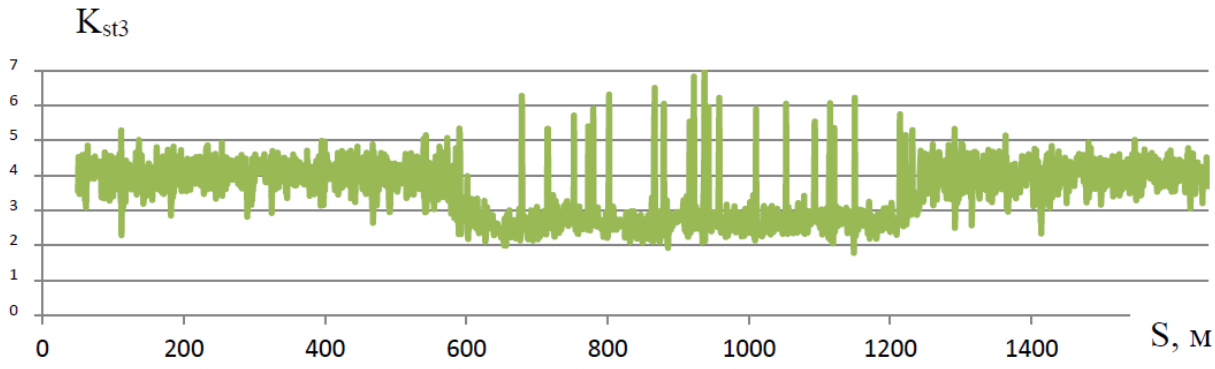


Рисунок 4.58 – Коефіцієнт стійкості від сходу (колісна пара 3)

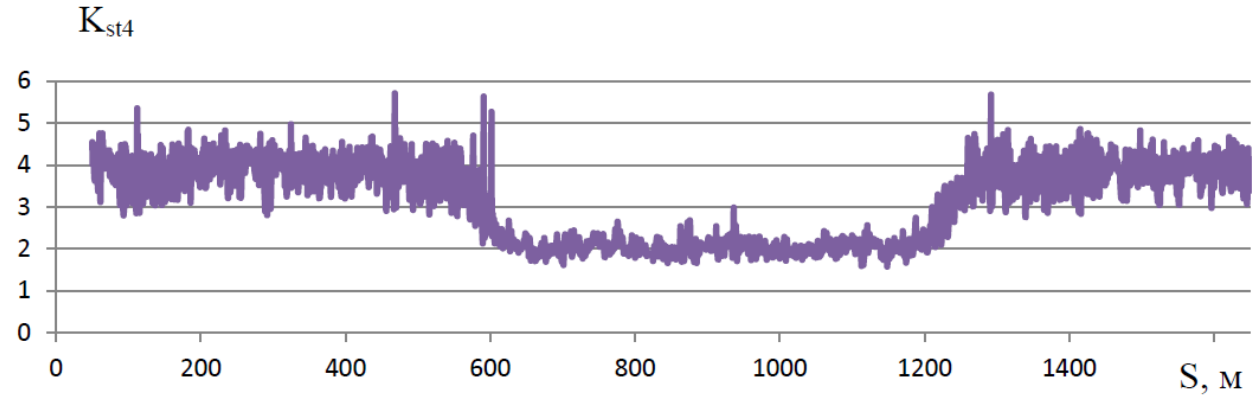


Рисунок 4.59 – Коефіцієнт стійкості від сходу (колісна пара 4)

В таблиці 4.4 наведено результати розрахунку показників плавності ходу пасажирського вагону у горизонтальній та вертикальній площині для варіантів розрахунку 1, 4 та 7 комбінацій параметрів ресорного підвішування.

Таблиця 4.4 – 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 пасажирський вагон з параметрами ресорного підвішування за варіантами 1, 4 та 7. При цьому дещо кращі динамічні показники отримано для більш «жорсткого» виконання буксового підвішування за варіантами 4 та 7.

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.

Отримані результати можуть служити основою для технічної реалізації конструктивних рішень візків рухомого складу вузької колії при подальшому проектуванні та виготовленні на машинобудівних підприємствах залізничної галузі. Результати досліджень відображено у публікаціях (додаток Д та додаток Е) прийнято до впровадження на промислових підприємствах (ПАТ «Азовмаш») та в інжинірингових компаніях «ТрансВагонСервіс» та «УкрТрансАкад» при розробці конструкцій рухомого складу для вітчизняних та закордонних замовників (Республіка Казахстан, Китайська Народна Республіка), про що свідчать відповідні акти впровадження, які наведено у Додатку Є.

4.5 Висновки до розділу 4

1. Для виконання теоретичних досліджень динамічної навантаженості рухомого складу вузької колії підготовлено вихідні дані, що містять основні геометричні та масові характеристики основних конструктивних елементів. Запропоновано в якості збуджувань геометричні нерівності рейкових ниток, які отримано в результаті статистичного аналізу експериментальних досліджень різних типів рухомого складу на магістральних ділянках залізниць різної ширини колії. Нерівності рейкових ниток складаються з вертикальних та горизонтальних нерівностей правої та лівої рейки залізничної колії, яка представляє собою інерційну пружно-в’язку систему.

2. На прикладі пасажирського вагону вузької колії виконано дослідження основних показників динаміки, безпеки руху та комфорту і підтверджено вірність обраної розрахункової схеми та математичної моделі. 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.

3. З метою поліпшення динамічних якостей пасажирських вагонів для вузькоколійних залізниць проведено дослідження з визначення раціональних параметрів різних ступенів підвішування та отримано їх значення з урахуванням підвищення швидкості руху та забезпечення показників динаміки та комфорту. Це дало можливість розробити практичні рекомендації з удосконалення параметрів ресорного підвішування візків пасажирських вагонів. Дані рекомендації прийнято для впровадження вагонобудівними підприємствами та інжиніринговими компаніями, про що свідчать відповідні акти впровадження.

РОЗДІЛ 5
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

Як було наголошено в розділі 1, набувають все більшого значення туристичні залізничні перевезення як в Україні, так і в світі. Туристичні перевезення є окремим видом діяльності. Суттєвою перевагою залізничного транспорту у порівнянні з автомобільним та авіаційним є можливість суміщення відпочинку та подорожі. Завдяки цьому в Україні є значний потенціал для розвитку і зростання популярності залізничного туризму [6, 20, 33, 256-264, 268, 275-278, 283, 289]. В той же час в Україні залізничний туризм розвинутий недостатньо і обмежується в основному лише перевезеннями організованих груп людей до місць відпочинку, а туризм з використанням вузькоколійних залізниць ще знаходиться в стадії розвитку, хоча має значну перспективу.

Розвиток вантажних перевезень вузькоколійними залізницями також потребує суттєвого реінжинірингу та комерціалізації, що, як і у випадку з пасажирськими перевезеннями вузькоколійними залізницями, вимагає комплексного підходу. Цей підхід має стосуватися і кільцюванню маршрутів руху, і додаткового розвитку прилеглої інфраструктури. Далі розглянемо окремі аспекти техніко-економічного обґрунтування впровадження розроблених в роботі конструкцій вантажних та пасажирських вагонів вузької колії.

5.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження сучасних конструкцій вантажних вагонів вузької колії

Визначається 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. При виконанні розрахунків застосовано методичні підходи з інвестиційного менеджменту та з оцінки інвестиційних програм [290-305], базовими з яких є роботи Бланка І. О. [290, 291] та робота Правика Ю. М. [305], роботи професора Гненного О. М. [292-295] розкривають практичні аспекти застосування методів оцінки життєвого циклу розробок та ефективності інвестиційних проектів, публікації [299-304] містять методичні рекомендації з оцінки різних аспектів інвестиційних проектів та розробок.

Вартість життєвого циклу визначається автором в даній роботі для вагона, що досліджуються, та вагона – аналога. Співставлення LCC об’єкта дослідження та аналога дозволяє оцінити порівняльну економічну ефективність.

Вихідні дані для визначення вартості життєвого циклу вантажного вагона вузької колії наведено у таблиці 5.1. При підготовці вихідних даних автором застосовано відомості з відкритих джерел інформації та шляхом метода експертних оцінок.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для визначення вартості життєвого циклу вантажного вагона

Показник	Одиниця виміру	Об’єкт аналізу	Аналог
Ціна нового без ПДВ	тис. грн	600	600
Витрати на один деповський ремонт (ДР)	тис. грн	100	100
Витрати на один капітальний ремонт (КР)	тис. грн	250	250
Середні річні витрати на поточний ремонт	тис. грн	17	18
Призначений термін експлуатації	років	32	22

Вартість життєвого циклу вагона включає такі складові: поточну вартість витрат, пов’язаних з придбанням споживачем; поточну вартість витрат, пов’язаних з технічним обслуговуванням та поточним ремонтом; поточну вартість витрат, пов’язаних з деповським та капітальними

ремонтами вагона; поточну вартість чистих доходів від ліквідації (утилізації) вагона.

Поточна вартість витрат, пов'язаних з придбанням вагона, може бути прийнята рівною його ціні, оскільки названа подія збігається у часі з початком життєвого циклу і відповідні витрати не потребують дисконтування. За використання концепції базових цін витрати, пов'язані з технічним обслуговуванням та поточним ремонтом вагона, можуть вважатись стабільними у часі та прийматись на середньому рівні. Тоді їх поточна вартість визначається як поточна вартість відповідного ануїтету. Тому, вартість життєвого циклу вагона у випадку, що розглядається, може бути визначена за формулою:

$$LCC = Ц_{н} + B_{ек} \cdot \frac{1-(1+R)^{-T}}{R} + \sum_{t=0}^{T} \frac{B_{рем.t}}{(1+R)^{t}} - \frac{B_{лік}}{(1+R)^{T}}, \qquad (5.1)$$

де LCC – вартість життєвого циклу, грн;

$Ц_{н}$ – ціна нового вагона, грн;

$B_{ек}$ – середні річні витрати, пов'язані з технічним обслуговуванням та поточним ремонтом вагона, грн;

$B_{рем.t}$ – витрати, пов'язані з плановими ремонтами вагона у інтервалі часу t, грн;

$B_{лік}$ – ліквідаційна вартість вагона (вартість на кінець терміну життєвого циклу), грн;

R – ставка дисконту, частка;

T – тривалість життєвого циклу (приймається рівною призначеному строку служби вагона), років.

Для визначення вартості життєвого циклу вагона необхідно визначити ставку дисконту. Для цього застосовано метод кумулятивної побудови. Ставка дисконту включає такі складові: базову норму доходу, премію за низьку ліквідність та премію за ризик.

Номінальний рівень базової норми доходу визначається як середня ставка процента по довгостроковим депозитам суб'єктів господарювання у національній валюті в 2020 році та становить 10,9% (дані Національного банку України). Номінальна премія за низьку ліквідність визначається як різниця між середніми ставками процента по довгостроковим та короткостроковим депозитам суб'єктів господарювання у національній валюті в 2020 році та становить: $10,9-5,3=5,6\%$. Прогнозний темп інфляції на 2021 рік досягає 7% (дані Національного банку України). Вартість життєвого циклу визначається з використанням концепції базових цін, тому дисконтування проводиться за реальною ставкою. Таким чином, сумарна реальна ставка, яка враховую базову норму доходу та премію за низьку ліквідність, дорівнює:

$$\frac{10,9+5,6-7,0}{1+0,07}=8,9\%.$$

Розмір реальної (очищеної від інфляційної складової) премії за ризик прийнято у розмірі 5% за рекомендаціями посібника "Методи економічної оцінки інвестиційних проектів на транспорті" [303]. Таким чином, загальний рівень реальної ставки дисконту досягає:

$$R=8,9+5=13,9\%.$$

Середні річні витрати, пов’язані з технічним обслуговуванням та поточним ремонтом вагона, наведено у табл. 1. Інші витрати поточні витрати, пов’язані з роботою вагона, можуть вважатись незалежними від моделі вагона і при оцінці порівняльної економічної ефективності не враховуються.

Поточна вартість відповідних витрат становить.

Для об’єкта дослідження:

$$17\cdot\frac{1-(1+0,139)^{-40}}{0,139}=120 \text{ тис. грн.}$$

Для аналога:

$$18\cdot\frac{1-(1+0,139)^{-40}}{0,139}=127 \text{ тис. грн.}$$

Поточна вартість витрат, пов’язаних з плановими ремонтами вагона, та поточна вартість чистих доходів від ліквідації вантажного вагона вузької колії визначаються в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Поточна вартість витрат, пов’язаних з ремонтами та ліквідацією вантажного вагона, тис. грн

Рік	Види ремонту		Вартість ремонту		Коефіцієнт дисконтування	Поточна вартість	
	Об’єкт	Аналог	Об’єкт	Аналог		Об’єкт	Аналог
1					0,87796	0,00	0,00
2					0,77082	0,00	0,00
3					0,67675	0,00	0,00
4	ДР	ДР	100	100	0,59416	59,42	59,42
5					0,52165	0,00	0,00
6		ДР		100	0,45799	0,00	45,80
7					0,40210	0,00	0,00
8	КР	КР	250	250	0,35303	88,26	88,26
9					0,30995	0,00	0,00
10		ДР		100	0,27212	0,00	27,21
11					0,23891	0,00	0,00
12	ДР	ДР	100	100	0,20976	20,98	20,98
13					0,18416	0,00	0,00
14		ДР		100	0,16168	0,00	16,17
15					0,14195	0,00	0,00
16	КР	КР	250	250	0,12463	31,16	31,16
17					0,10942	0,00	0,00
18		ДР		100	0,09607	0,00	9,61
19					0,08434	0,00	0,00
20	ДР	ДР	100	100	0,07405	7,41	7,41
21					0,06501	0,00	0,00
22		Н		600	0,05708	0,00	34,25
23					0,05011	0,00	0,00
24	КР		250		0,04400	11,00	0,00
25					0,03863	0,00	0,00
26		ДР		100	0,03391	0,00	3,39
27					0,02978	0,00	0,00
28	ДР	ДР	100	100	0,02614	2,61	2,61
29					0,02295	0,00	0,00
30		ДР		100	0,02015	0,00	2,02
31					0,01769	0,00	0,00
32		-Н*Кпр		-327,3	0,01553	0,00	-5,08
Разом			1150	1772,7		220,83	343,18

Загальна вартість життєвого циклу вантажного вагона становить.

Об’єкта дослідження

$$LCC = 600 + 120 + 221 = 941 \text{ тис. грн.}$$

Аналога

$$LCC = 600 + 127 + 343 = 1070 \text{ тис. грн.}$$

Таким чином, вартість життєвого циклу вагона, що досліджується, менша за вартість життєвого циклу аналога на 129 тис. грн, тобто на 12%.

Вартість життєвого циклу вагона вузької колії, що досліджується, становить 941 тис. грн, що менше відповідного показника вагона-аналога на 129 тис. грн, або на 12%.

5.2 Техніко-економічне обґрунтування впровадження інноваційних конструкцій пасажирських вагонів вузької колії

В даному розрахунку визначається вартість життєвого циклу пасажирського вагона вузької колії. Основні поняття та методика розрахунку аналогічні як і п. 5.1, але для цільності викладення змісту розрахунку далі наведено його повний текст.

Як і для вантажного вагона, вартість життєвого циклу (LCC) пасажирського вагона вузької колії 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 вагону, що досліджуються, та вагону – аналогу. Співставлення LCC об’єкта дослідження та аналога дозволяє оцінити порівняльну економічну ефективність.

Вихідні дані для визначення вартості життєвого циклу пасажирського вагона вузької колії наведено у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Вихідні дані для визначення вартості життєвого циклу пасажирського вагона вузької колії

Показник	Одиниця виміру	Об’єкт аналізу	Аналог
Ціна нового без ПДВ	тис. грн	5445	11550
Витрати на один деповський ремонт (ДР)	тис. грн	33	50
Витрати на один капітальний ремонт першого обсягу (КР1)	тис. грн	150	225
Витрати на один капітальний ремонт другого обсягу (КР2)	тис. грн	400	600
Середні річні витрати на технічне обслуговування, поточний ремонт, усунення відмов	тис. грн	100	120
Плече обороту	км	100	100
Тривалість обороту	діб	1	1
Маршрутна швидкість	км/год	50	40
Річний бюджет часу в експлуатації	ваг-діб	350	350
Призначений термін експлуатації	років	28	28

Вартість життєвого циклу вагона включає такі складові: поточну вартість витрат, пов’язаних з придбанням споживачем; поточну вартість витрат, пов’язаних з роботою вагона, його екіпіруванням, технічним обслуговуванням та усуненням відмов; поточну вартість витрат, пов’язаних з поточними та капітальними ремонтами вагона; поточну вартість чистих доходів від ліквідації (утилізації) вагона.

Поточна вартість витрат, пов’язаних з придбанням вагона, може бути прийнята рівною його ціні, оскільки названа подія збігається у часі з початком життєвого циклу і відповідні витрати не потребують дисконтування. За використання концепції базових цін витрати, пов’язані з роботою вагона, його екіпіруванням, технічним обслуговуванням та усуненням відмов, можуть вважатись стабільними у часі та прийматись на середньому рівні. Тоді їх поточна вартість визначається як поточна вартість відповідного ануїтету. Таким чином, вартість життєвого циклу вагона у випадку, що розглядається, може бути визначена за формулою (5.1).

Для визначення вартості життєвого циклу вагона необхідно визначити ставку дисконту. Для цього, як і в п. 5.1, застосовано метод кумулятивної

побудови. Ставка дисконту включає такі складові: базову норму доходу, премію за низьку ліквідність та премію за ризик.

Номінальний рівень базової норми доходу визначається як середня ставка процента по довгостроковим депозитам суб'єктів господарювання у національній валюті в 2020 році та становить 10,9% (дані Національного банку України). Номінальна премія за низьку ліквідність визначається як різниця між середніми ставками процента по довгостроковим та короткостроковим депозитам суб'єктів господарювання у національній валюті в 2020 році та становить: $10{,}9-5{,}3=5{,}6\%$. Прогнозний темп інфляції на 2021 рік досягає 7% (дані Національного банку України). Вартість життєвого циклу визначається з використанням концепції базових цін, тому дисконтування проводиться за реальною ставкою. Таким чином, сумарна реальна ставка, яка враховую базову норму доходу та премію за низьку ліквідність, дорівнює:

$$\frac{10{,}9+5{,}6-7{,}0}{1+0{,}07}=8{,}9\%.$$

Розмір реальної (очищеної від інфляційної складової) премії за ризик прийнято у розмірі 5% за рекомендаціями посібника "Методи економічної оцінки інвестиційних проектів на транспорті" [303]. Таким чином, загальний рівень реальної ставки дисконту досягає:

$$R=8{,}9+5=13{,}9\%.$$

Середні річні витрати, пов’язані з оплатою праці провідників, визначається на основі норми обслуговування на 1 вагон, середньомісячної заробітної плати 11765,71 (дані Державної служби статистики України) та ставки ЄСВ 22%. Норма обслуговування визначається на базі річного фонду робочого часу одного працівника 1994 години, часу вагона у русі на маршруті та коефіцієнта додаткової роботи провідника 1,25. Час вагона у русі на маршруті для об’єкта дослідження становить $(350\cdot 2\cdot 100)/(50\cdot 1)=1400\,год/рік$.

Для аналога $(350 \cdot 2 \cdot 100)/(40 \cdot 1) = 1750 год/рік$. Норма обслуговування становить для об'єкта дослідження $(1400 \cdot 1{,}25)/(1994) = 0{,}88 осіб/ваг.$, для аналога $(1750 \cdot 1{,}25)/(1994) = 1{,}10 осіб/ваг.$ З урахуванням коефіцієнта заміщення 1,1 річні витрати, пов'язані з оплатою праці провідників, становлять.

Для об'єкта дослідження:

$$0{,}88 \cdot 11765{,}71 \cdot 12 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}22 \cdot 10^{-3} = 166{,}7 \text{ тис. грн.}$$

Для аналога:

$$1{,}10 \cdot 11765{,}71 \cdot 12 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}22 \cdot 10^{-3} = 208{,}4 \text{ тис. грн.}$$

Інші витрати поточні витрати, пов'язані з роботою вагона, можуть вважатись незалежними від моделі вагона і при оцінці порівняльної економічної ефективності не враховуються.

Загальна величина поточних витрат, пов'язаних з роботою вагона, його екіпіруванням, технічним обслуговуванням та усуненням відмов, для об'єкта дослідження дорівнює: $166{,}7 + 100 = 266{,}7$ тис. грн, для аналога: $208{,}4 + 120 = 328{,}4$ тис. грн. Поточна вартість відповідних витрат становить.

Для об'єкта дослідження:

$$266{,}7 \cdot \frac{1 - (1 + 0{,}139)^{-40}}{0{,}139} = 1869 \text{ тис. грн.}$$

Для аналога:

$$328{,}4 \cdot \frac{1 - (1 + 0{,}139)^{-40}}{0{,}139} = 2301 \text{ тис. грн.}$$

Поточна вартість витрат, пов'язаних з плановими ремонтами вагона та поточна вартість чистих доходів від ліквідації (утилізації) вагона визначаються в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Поточна вартість витрат, пов’язаних з ремонтами та ліквідацією, тис. грн

Рік	Види ремонту		Вартість ремонту		Коефіцієнт дисконтування	Поточна вартість	
	Об’єкт	Аналог	Об’єкт	Аналог		Об’єкт	Аналог
1					0,877963	0,00	0,00
2		ДР		50	0,770819	0,00	38,54
3					0,676751	0,00	0,00
4	ДР	ДР	33	50	0,594162	19,61	29,71
5					0,521653	0,00	0,00
6		КР1		225	0,457992	0,00	103,05
7					0,4021	0,00	0,00
8	КР1	ДР	150	50	0,353029	52,95	17,65
9					0,309946	0,00	0,00
10		ДР		50	0,272121	0,00	13,61
11					0,238913	0,00	0,00
12	ДР	КР1	33	225	0,209756	6,92	47,20
13					0,184158	0,00	0,00
14		ДР		50	0,161684	0,00	8,08
15					0,141953	0,00	0,00
16	КР2	ДР	400	50	0,124629	49,85	6,23
17					0,10942	0,00	0,00
18		КР2		600	0,096067	0,00	57,64
19					0,084343	0,00	0,00
20	ДР	ДР	33	50	0,07405	2,44	3,70
21					0,065013	0,00	0,00
22		ДР		50	0,057079	0,00	2,85
23					0,050113	0,00	0,00
24	КР1	КР1	150	225	0,043998	6,60	9,90
25					0,038628	0,00	0,00
26		ДР		50	0,033914	0,00	1,70
27					0,029776	0,00	0,00
28	ДР	ДР	33	50	0,026142	0,86	1,31
Разом			832	1775		139,24	341,16

Загальна вартість життєвого циклу вагона становить.

Об’єкта дослідження

$$LCC = 5445 + 1869 + 139 = 7453 \text{ тис. грн.}$$

Аналога

$$LCC = 11550 + 2301 + 341 = 14192 \text{ тис. грн.}$$

Таким чином, вартість життєвого циклу 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 ці витрати забезпечують також соціальний ефект, який виявляється у створенні нових робочих місць в вагонобудівній промисловості та залізничній галузі.

5.3 Висновки до розділу 5

1. 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.

2. 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%.

3. 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%.

4. 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 ці витрати забезпечують також соціальний ефект, який виявляється у створенні нових робочих місць в вагонобудівній промисловості та залізничній галузі.

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 унеможливлює 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 вагоні 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 диференційних 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 диференційних 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 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%. 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 ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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. DOI: 10.34029/2311-4061-2020-136-3-43-50

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. https://doi.org/10.18664/1994-7852.174.2017.127587

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.

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

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.

8. Мямлин С. С., Регулич Б. И. Особенности конструкций тележек пассажирских вагонов на железных дорогах колеи 1520 мм. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* : тези доп. 70 Міжнар. науково-практ. конф. (м. Дніпропетровськ, 15.04-16.04.2010). Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2010. С. 77–78.

9. Myamlin S. Characterisics of 3-D modelling of railway vehicle dynamics. *Transbaltica 2009* : proc. of the 6th International Scientific Conference (Vilnius, Lithuania, 22.04–23.04.2009). Vilnius: Vilnius Gediminas Technical University, 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* : тези V Міжнар. форуму студентів та молодих вчених (м. Дніпропетровськ, 22.04–23.04.2010). Дніпропетровськ: НГУ, 2010. Т. 1. С. 167.

11. Мямлин С. С., Кебал Ю. В., Исопенко И. В. Совершенствование технологии ремонта грузовых вагонов. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* : тези доп. 71 Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Дніпропетровськ, 14.04-15.04.2011). Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2011. С. 81–82.

12. Мямлин С. С. Особенности разработки технологических процессов для ремонта специализированных вагонов. *Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты* : тезисы докладов VII Междунар. научно-техн. конф. (Санкт-Петербург, 6-10 июля 2011 г.). СПб : ПГУПС, 2011. С. 56–57.

13. Мямлин С. С. Проектирование грузовых вагонов нового поколения. *Подвижной состав XXI века: инновации в грузовом вагоностроении* : тез. докл. IX Междунар. научно-техн. конф. (Санкт-Петербург, 25–28.06.2014). Санкт-Петербург: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2014.

14. Мямлин С. С. Создание новых конструкций полувагонов с учетом современных тренований. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* : тези 74 Міжнар. науково-практ. конф. (Дніпропетровськ, 15.05-16.05.2014). Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2014. С. 76–77.

15. Мямлин С. С. Совершенствование конструкций пассажирских вагонов для железнодорожных туристических маршрутов. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* : тези 75 Міжнар. науково-

практ. конф. (Дніпропетровськ, 14.05-15.05.2015). Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 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* : тези доп. 75 Міжнар. науково-практ. конф. (Дніпропетровськ, 14.05-15.05.2015). Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2015. С. 367–368.

17. Мямлин С. С., Мурашова Н. Г., Кебал И. Ю. Создание перспективных конструкций полувагонов. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* : тези доп. 75 Міжнар. науково-практ. конф. (Дніпропетровськ, 14.05-15.05.2015). Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 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* : тези доп. 75 Міжнар. науково-практ. конф. (Дніпропетровськ, 14.05-15.05.2015). Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2015. С. 75-76.

19. Мурашова Н. Г., Кебал И. Ю., Мямлин С. С. Особености технологии сварки. *Зварювання та споріднені технології* : тези доповідей VIII Міжнар. наук.-практ. конф. (смт Ворзель, 2015). 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)* : матеріали IV Всеукр. наук.- практ. конф., Дніпропетровськ, 5-6 листоп. 2015 р. – Одеса : ІПРЕЕД НАН України, 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* : тези XIV Міжнар. науково-

технічної конф. (м. Дніпропетровськ, 25–27 травня 2016 р.). Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2016. С. 102.

22. Мямлин С. С. Создание и модернизация подвижного состава для перевозки зерна железнодорожным транспортом. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* : тези 76 Міжнар. науково-практ. конф. (м. Дніпропетровськ, 19.05–20.05.2016). Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2016. С. 44–45.

23. Кебал И. Ю., Мямлин С. С. Перспективные разработки узкоколейного подвижного состава. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* : тези доповідей 76 Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Дніпропетровськ, 19.05–20.05.2016). Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2016. С. 50–51.

24. Мямлін 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* : тези доповідей 76 Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Дніпропетровськ, 19.05–20.05.2016). Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 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* : тези доповідей 76 Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Дніпропетровськ, 19.05–20.05.2016). Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2016. С. 130–131.

26. Мямлин С. С. Создание технических средств для транспортировки зерна железнодорожным транспортом. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* : тези доп. 77 Міжнар. науково-практ. конф. (Дніпро, 11-12 травня 2017 р.). Дніпро: ДНУЗТ, 2017. С. 63–64.

27. Мямлин С. С., Кебал И. Ю. Разработка антивандальных устройств тормозной рычажной передачи грузовых вагонов. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* : тези доп. 77 Міжнар. науково-практ. конф. (Дніпро, 11-12 травня 2017 р.). Дніпро: ДНУЗТ, 2017. С. 61–63.

28. Белошицкий Э. В., Мямлин С. С. Тормозная система узкоколейных вагонов. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* : тези доп. 77 Міжнар. науково-практ. конф. (Дніпро, 11-12 травня 2017 р.). Дніпро: ДНУЗТ, 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* : тези доп. 77 Міжнар. науково-практ. конф. (Дніпро, 11-12 травня 2017 р.). Дніпро: ДНУЗТ, 2017. С. 40–41.

30. Мямлин, С. С., Кебал И. Ю. Развитие электромобилей в мировом транспортном сегменте. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* : тези доп. 77 Міжнар. науково-практ. конф. (Дніпро, 11-12 травня 2017 р.). Дніпро: ДНУЗТ, 2017. С. 135–136.

31. Белошицький Е. В., Мямлін С. С. Удосконалення параметрів енергоефективності систем життєзабезпечення рухомого складу залізниць. *Сучасні методики, інновації та досвід практичного застосування у сфері технічних наук* : матеріали Міжнар. науково-практ. конф. (м. Радом, Республіка Польща. 27–28 грудня 2017 р.). Радом, 2017. С. 140–144.

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

33. Мямлин С. С., Кебал Ю. В. Вузькоколійні 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. *Вагонный 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 B 61 H 13/00. № u2014 01847; заявл. 25.02.2014; опубл. 11.08.2014, Бюл. № 15.

41. Опалювальна система пасажирського вагона: пат. 115667 Україна, МПК B 61 D 27/00, B 61 H 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 B 61 K 7/20, B 61 H 7/00. № u2018 03007; заявл. 26.03.2018; опубл. 26.12.2018, Бюл. № 24.

43. Бічна рама візка вагона: пат. 102703 Україна, МПК B 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 B 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 B 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 B 61 F 5/50, B 60 B 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 B 61 F 7/00, B 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 B 60 L 1/12. № u2018 00132; заявл. 03.01.2018 ; опубл. 10.07.2018, Бюл. № 13.

49. Боковая рама тележки грузового вагона: пат. Республіки Казахстан, KZ № 1307 U кл B61F 5/52. № 2014/0173.2; заявл. 12.11.2014; опубл. 17.08.2015, Бюл. №8.

50. Стоянкове гальмо вагону: пат. 92255 Україна, МПК B 61 H 13/00. № u201401846; заявл. 25.02.2014; опубл. 11.08.2014, Бюл. № 15.

51. Wendelin W. Karpatendampf, Band 3: Die Waldbahn Vyhoda. Bilddokumentation. Herstellung: ZUKC, L'viv, 2006. 148 s.

52. Габрель М. М. Вузькоколійки Українських Карпат: вплив на архітектурно-ландшафтний розвиток території в минулому і в сьогоднішніх умовах. *Урбаністично-архітектурні проблеми міст Галичини* / ред. Б. С. Черкес, М. В. Бевз. Львів: ДУ «ЛП», 1996. 172 с.

53. Вузькоколійна залізниця. *Вікіпедія*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Вузькоколійна_залізниця

54. Вузькоколійні залізниця Закарпаття. *Українська Вікіпедія*. URL: https://uk-wiki.ru/wiki/Вузькоколійні_залізниці_Закарпаття

55. Курган М. Б., Лужицький О. Ф. Створення мережі вузькоколійних залізниць у Закарпатті. *Українська залізниця*. 2016. № 3. С. 62–66.

56. Рочняк Ю. А. Залізничні вокзали як частина архітектурної ідентичності краю. *Історико-культурні студії*. 2015. Вип. 2, № 1. С. 83–91.

57. Петров Н. П. Давление колес на рельсы железных дорог, прочность рельс и устойчивость пути. Петроград, 1915. 327 с.

58. Жуковский Н. Е. Колебания паровоза на рессорах (1920): Полн. собр. соч. Москва–Ленинград : ОНТИ НКТП, 1937. Т. 8. С. 271–279.

59. Годыцкий-Цвирко А. М. Взаимодействие пути и подвижного состава железных дорог. Москва : Гострансиздат, 1937. 214 с.

60. Марье Г. Взаимодействие пути и подвижного состава. Москва : Госжелдориздат, 1933. 338 с.

61. Винокуров М. В. Исследование колебаний и устойчивости вагонов: Сб.науч. тр. Днепропетровск: ДИИТ, 1939. Вып.12. 292 с.

62. Вершинский С. В. Динамика вагона. *Технический справочник железнодорожника*. Москва : Трансжелдориздат, 1952. Т.6. С. 651–712.

63. Неймарк Ю. И., Фуфаев Н. А. Динамика неголономных систем. Москва : Физматгиз, 1967. 520 с.

64. Лурье А. И. Аналитическая механика. Москва : Физматгиз, 1961. 824 с.

65. Жуковский Н. Е. Теория прибора инженера Ромейко-Гурко (1905): Полн. собр. соч. Москва–Ленинград : ОНТИ НКТП, 1937. Т. 8. С. 102–107.

66. Моссаковский В. И. О качении колесной пары. *Известия АН СССР, ОТН*. 1957. № 11. С. 169–172.

67. Carter F. W. On the Action of a Locomotive Driving Wheel. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A: Containing Papers of a Mathematical and Physical Character*. 1926. Vol. 112. P. 151–157.

68. Carter F. W. On the Stability of Running of Locomotives. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A: Containing Papers of a Mathematical and Physical Character*. 1928. Vol. 121. P. 585–611.

69. Fromm H. Berechnung des Schiupfes beim Rollen deformi erbaren Scheilen. *Zamm-zeitschrift Fur Angewandte Mathematik Und Mechanik*. 1927. Bd. 7, N 1. S. 27–38.

70. Rocard Y. La stabilite de route de locomotives. Paris : Hermann & Cie, éditeurs, 1935. Part 1. 65 p.

71. Ковалев Н. А. Свободное движение двухколесного экипажа при кулоновом трении между колесом и рельсом. *Вестник ВНИИЖТ*. 1957. № 4. С. 41–45.

72. Медель В. Б. Основные уравнения динамики подвижного состава железных дорог. *Научые труды МИИТа*. Москва, 1948. Вып. 55. С. 3–31.

73. Бабаков И. М. Теория колебаний. Москва : Физматгиз, 1965. 560 с.

74. Ляпунов А. М. Общая задача об устойчивости движения. Москва-Ленинград: Гостехиздат, 1950. 386 с.

75. Малкин И. Г. Теория устойчивости движения. Москва : Физматгиз, 1966. 532 с.

76. Четаев Н. Г. Устойчивость движения. Москва : Физматгиз, 1965. 208 с.

77. Куценко С. М. Об устойчивости движения локомотивов. *Вписывание локомотивов в кривые участки железнодорожного пути. Устойчивость движения локомотивов*. Москва : Машгиз, 1954. С. 88–113.

78. Тибилов Т. А. Об устойчивости экипажа тележечного типа, двигающегося по рельсовому пути. *Известия АН СССР, ОТН*. 1955. № 10. С. 157–160.

79. Тибилов Т. А. Динамическая устойчивость двухтележечного тепловоза на прямых участках пути. *Научные труды ЦНИИ МПС*. Москва : Трансжелдориздат, 1958. Вып. 149. С. 154–185.

80. Ковалев Н. А. Боковые колебания подвижного состава. Москва : Трансжелдориздат, 1957. 248 с.

81. Власов В. З., Леонтьев Н. Н. Балки, плиты и оболочки на упругом основании. Москва : Физматгиз, 1960. 492 с.

82. Грачев В. Ф. Вынужденные колебания сочлененного поезда при его движении по инерционному пути. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1973. Вып. 152. С. 140–148.

83. Вериго М. Ф. Вертикальные силы, действующие на путь при прохождении подвижного состава. *Научные труды ЦНИИ МПС*. Москва : Трансжелдориздат. 1955. Вып. 97. С. 25–288.

84. Лазарян В. А. Собственные колебания тележечных грузовых вагонов. *Вестник ВНИИЖТ*. 1958. № 2. С. 7–12.

85. Лазарян В. А. Применение математических машин непрерывного действия к решению задач динамики подвижного состава железных дорог. Москва : Трансжелдориздат, 1962. 220 с.

86. Лазарян В. А. Динамика вагонов. Москва : Транспорт, 1964. 256 с.

87. Ваняшина Е. Н. Приближенное определение собственных частот колебаний кузова полувагона. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ. 1966. Вып. 59. С.29–35.

88. Демин Ю. В., Доронин И. О., Осадчий Г. Ф. О выборе параметров надбуксового подвешивания скоростного пассажирского вагона. *Некоторые задачи механики скоростного наземного транспорта*. Київ : Наукова думка, 1974. С. 67–72.

89. Демин Ю. В., Зильберман И. А. О выборе рациональных параметров горизонтальных связей ходовых частей грузовых вагонов. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1977. Вып. 190/23. С.8–15.

90. Длугач Л. А., Городецкая Т. Л. Боковые колебания вагона при нелинейных силах псевдоскольжения. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1964. Вып. 50. С.83–91.

91. Доронин И. О., Осадчий Г. Ф., Ратникова О. М. О выборе параметров центрального подвешивания скоростного пассажирского вагона. *Проблемы механики железнодорожного транспорта*. Київ : Наукова думка, 1980. С.50–51.

92. Коротенко М. Л. К определению сил взаимодействия колес и рельсов. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1972. Вып. 128. С. 72–76.

93. Коротенко М. Л. Влияние качки на пяте на устойчивость невозмущенного движения четырехосного полувагона. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск : ДИИТ, 1973. Вып. 143. С. 42–47.

94. Коротенко М. Л. О зонах надежной устойчивости. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1975. Вып. 169/21. С. 13–18.

95. Лазарян В. А., Вашурин Л. А., Данович В. Д., Манашкин Л. А. Влияние сил сухого трения на устойчивость движения неконсервативной системы. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1968. Вып. 76. С. 3–16.

96. Лазарян В. А., Демин Ю. В., Коротенко М. Л., Осадчий Г. Ф. Автоколебания скоростного рельсового экипажа. *Нагруженность, колебания и прочность сложных механических систем*. Київ : Наукова думка, 1977. С. 7–12.

97. Лазарян В. А., Демин Ю. В., Осадчий Г. Ф. Экспериментальная проверка методов исследования устойчивости движения рельсовых экипажей. *Некоторые задачи механики скоростного наземного транспорта*. Київ : Наукова думка, 1974. С. 3–13.

98. Лазарян В. А., Демин Ю. В., Осадчий Г. Ф. К вопросу исследования стационарных режимов колебаний пассажирского вагона. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1975. Вып. 169/21. С. 3–7.

99. Лазарян В. А., Длугач Л. А., Коротенко М. Л. Применение принципа сведения к исследованию колебаний неавтономных нелинейных систем. *Нагруженность, колебания и прочность сложных механических систем*. Київ: Наукова думка, 1977. С. 3–7.

100. Лазарян В. А., Коротенко М. Л., Данович В. Д. Исследование влияния сил сопротивления, пропорциональных первой степени скорости, на устойчивость движения системы со многими степенями свободы. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1965. Вып. 55. С. 48–54.

101. Лазарян В. А., Коротенко М. Л., Данович В. Д. Устойчивость движения железнодорожных экипажей с двойным рессорным

подвешиванием. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1966. Вып. 59. С. 45–51.

102. Лазарян В. А., Коротенко М. Л., Данович В. Д. Влияние упрощений расчетной схемы на результаты исследования устойчивости движения четырехосного полувагона. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1967. Вып. 68. С. 42–47.

103. Лазарян В. А., Коротенко М. Л., Львов А. А. Определение параметров четырехосного полувагона, при которых его движение устойчиво. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1966. Вып. 62. С. 3–25.

104. Лазарян В. А., Ушкалов В. Ф. Колебания надрессорных частей грузовых вагонов. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1965. Вып. 55. С. 8–32.

105. Лазарян В. А., Ушкалов В. Ф. Изгибное колебание кузова полувагонов в вертикальной и горизонтальной плоскостях. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1967. Вып. 68. С. 48–55.

106. Ушкалов В. Ф. Экспериментальное определение частот колебаний надрессорного строения четырехосных полувагонов. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1965. Вып. 55. С. 42–47.

107. Лазарян В. А., Длугач Л. А., Коротенко М. Л. Устойчивость движения рельсовых экипажей. Київ: Наукова думка, 1972. 193 с.

108. Лазарян В. А. Устойчивость движения локомотивов и вагонов. *Железные дороги мира*. 1978. № 6. С. 3–8.

109. Лазарян В. А. Колебания железнодорожного состава. *Вибрации в технике*. Москва: Машиностроение, 1980. Т. 3. С. 398–433.

110. Попов А. А. К вопросу о динамическом воздействии колеса на рельс при прохождении неровностей пути. *Научные труды ЦНИИ МПС*. Москва: Трансжелдориздат. 1949. Вып. 33. С. 155–186.

111. Шахунянц Г. М. Расчеты верхнего строения пути. Москва: Трансжелдориздат, 1959. 264 с.

112. Лазарян В. А. Дифференциальные уравнения движения четырехосного вагона по изолированной неровности пути. *Научные труды* ДИИТ. Днепропетровск: ДИИТ, 1963. Вып. 44. С. 3–9.

113. Берман З. Г., Данович В. Д., Шнеерсон С. М. Выбор оптимальных параметров рессорного подвешивания пассажирского вагона по различным критериям. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1972. Вып. 128. С. 94–101.

114. Грановский Р. Б., Данович В. Д., Манашкин Л. А., Тененбаум Э. М. К вопросу об оптимизации параметров рессорного подвешивания транспортных экипажей. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1971. Вып. 103. С. 84–88.

115. Лазарян В. А., Грановский Р. Б., Данович В. Д., Манашкин Л. А. Методика выбора оптимальных параметров одинарного рессорного подвешивания четырехосного вагона. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1970. Вып. 84. С. 20–30.

116. Данович В. Д. Аналитическое определение сил, действующих на колесные пары и кузов вагона при ударах на стыках. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1970. Вып. 84. С. 31–34.

117. Данович В. Д., Липовский Р. С. Аналитическое определение сил при движении четырехосного вагона по инерционному пути с детерминированной неровностью. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1970. Вып. 117. С. 153–158.

118. Манашкин Л. А., Грановский Р. Б. О моделировании периодически повторяющихся возмущений движения рельсового экипажа. *Некоторые задачи механики скоростного рельсового транспорта*. Київ: Наукова думка, 1973. С. 246–251.

119. Моделирование неровности пути при исследовании на АВМ колебаний движущегося четырехосного экипажа / Р. Б. Грановский, В. Д. Данович и др. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1971. Вып. 103. С. 89–96.

120. Лазарян В. А., Манашкин Л. А., Данович В. Д. Вынужденные колебания вагонов при движении по периодическим неровностям пути. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1969. Вып. 99. С. 26–31.

121. Лазарян В. А., Литвин И. А. Дифференциальные уравнения плоских колебаний экипажа, движущегося по инерционному пути. *Некоторые задачи механики скоростного транспорта*. Київ: Наукова думка, 1970. С. 61–73.

122. Данович В. Д., Иккол В. С. О выборе расчетных параметров подрельсового основания по модели Власова. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1977. Вып. 190/23. С. 53–56.

123. Исследование воздействия на путь грузовых вагонов с повышенной осевой нагрузкой / В. А.Лазарян, В. Д. Данович и др. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1975. Вып. 169/21. С. 47–52.

124. Некоторые задачи исследований вертикальных колебаний системы "экипаж-путь" / В. Д. Данович и др. *Научные труды БИТМ*. Брянск: БИТМ, 1974. Вып. 26. С. 72–79.

125. Гальченко Л. А. Сопоставление усилий в системе "экипаж-путь", полученных с использованием некоторых моделей подрельсового основания. *Проблемы механики наземного транспорта*. Днепропетровск: ДИИТ, 1978. Вып. 199/25. С. 33–38.

126. Залесский А. И. Плоская задача о колебаниях экипажа, движущегося по балке, лежащей на упруго-вязком инерционном основании. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1972. Вып. 128. С. 101–116.

127. Залесский А. И. Определение параметров математической модели подрельсового основания железнодорожного пути. *Динамика и прочность высокоскоростного наземного транспорта*. Київ: Наукова думка, 1976. С. 160–165.

128. Лазарян В. А., Гальченко Л. А. К определению коэффициентов дифференциальных уравнений плоских колебаний системы "экипаж-путь". *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1977. Вып. 190/23. С. 30–37.

129. Лазарян В. А., Данович В. Д. Дифференциальные уравнения плоских колебаний четырехосного рельсового экипажа, движущегося по балке, лежащей на инерционном основании. *Динамика и прочность высокоскоростного наземного транспорта*. Київ: Наукова думка, 1976. С. 142–148.

130. Данович В. Д. Исследование плоских колебаний четырехосного рельсового экипажа, движущегося по балке, лежащей на сплошном сновании. *Проблемы механики наземного транспорта*. Днепропетровск: ДИИТ, 1977. Вып. 195/24. С. 31–33.

131. Лазарян В. А. Некоторые современные проблемы динамики транспортных средств. *Нагруженность, прочность, устойчивость движения механических систем*. Київ: Наукова думка, 1980. С. 3–43.

132. Лазарян В. А., Демин Ю. В., Ратникова О. М. Вынужденные колебания системы с кусочно-линейными упругими характеристиками. *Динамика и прочность сложных механических систем*. Київ: Наукова думка, 1978. С. 3–7.

133. Д'Суза А. Ф., Карававатна П. Исследование нелинейных колебаний тележек вагонов при извилистом движении. *Конструирование и технология машиностроения*. 1980. Т. 102, № 1. С. 64–73.

134. Куперрайдер Н. К. Колебания железнодорожной тележки, вызванные случайными неровностями рельсов. *Конструирование и технология машиностроения. Сер. В*. 1975. Т. 97, № 3. С. 173–180.

135. Тибилов Т. А. Асимптотические методы исследования колебаний подвижного состава. *Научные труды РИИЖТ*. Рига: РИИЖТ, 1970. Вып. 78. 224 с.

136. Chi Mao-ru, Wang Kai-wen, Fu Mao-hai, Ni Wen-bo, Zhang Wei-hua. Вписывание двухосной тележки в кривые малого радиуса. *J. China Railway Society*. 2002. № 4. P. 28–33.

137. Григоренко В. Г., Доронин В. И., Доронина И. И. Взаимодействие с рельсами колес вагонных тележек в кривых малого радиуса.

Экспериментальное кольцо ВНИИЖТ-70: сборник докл. Междунар. конф. (Москва, 25–26 сентября 2002). Москва: ВНИИЖТ, 2002. С. 187–189.

138. Kugler L., Nagy Z. Dynamics of standard bogie and consequences for operation. *Proc. 1st Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies*. Budapest, 1992. P. 260.

139. Ромен Ю. С., Богданов В. М., Заверталюк А. В. Влияние перемещений элементов тележки грузового вагона на углы набегания колесных пар в кривых. *Вестник ВНИИЖТ*. 2002. № 2. С. 29–31.

140. Коган А. Я. Определение верхних оценок на величину угла набегания колесной пары на рельс при боковых колебаниях подвижного состава. *Научные труды ЦНИИ МПС*. Москва: Трансжелдориздат, 1965. Вып. 296. С. 244–258.

141. Лоу Э. Г. Нелинейные колебания колесной пары при случайном характере неровностей рельсового пути. *Конструирование и технология машиностроения. Сер. Б*. 1974. Т. 96, № 4. С. 74–84.

142. Поперечные горизонтальные силы, действующие на железнодорожный путь в прямых участках : Научные труды ЦНИИ МПС / под ред. А. Я. Когана. Москва: Трансжелдориздат, 1979. Вып. 619. 88 с.

143. Уиккенс А. Г., Гилхрист А. О. Практическая теория динамики подвижного состава. *Железные дороги мира*. 1978. № 7. С. 66–71.

144. Ханнебринк Д. Н., Хедрик И. К., Ли Г. С. Г., Вейнсток Г. Влияние осевой нагрузки, ширины колеи и профиля колеса на извилистое движение рельсового экипажа. *Конструирование и технология машиностроения. Сер. Б*. 1977. Т. 99, № 1. С. 137–148.

145. Cooperrider M. K., Hedrick J. K., Law E. H., Malstrom C. The Application of Quasi-Linearization Techniques to the Prediction of Nonlinear Railway Vehicle Response. *Vehicle System Dynamics*. 1975. Vol. 4, iss. 2-3. P. 141–148. DOI: 10.1080/00423117508968479

146. Zhang Ya-lin, Hu Yong-sheng. Исследование боковых колебаний колесных пар. *J. China Railway Soc*. 2002. № 2. P. 35–38.

147. Gao Guo-sheng, Yang Shao-pu, Guo Jing-bo. Исследование динамики движения колесной пары. *J. China Railway Soc*. 2002. № 3. P. 23–26.

148. Zábori Z. Lateral dynamics of railway wheelsets running along a continuous elastic support track. *Period. polytechn. Transp. Eng*. 1993. Vol. 21, № 3. P. 281–287.

149. Уиккенс А. Г. Общие вопросы динамики поперечных колебаний подвижного состава на железнодорожном транспорте. *Конструирование и технология машиностроения. Сер. Б*. 1969. Т. 91, № 3. С. 328–337.

150. Wickens A. H. The Dynamic Stability of Railway Vehicle Wheel sets and Bogies Having Profiled Wheels. *International Journal of Solids and Structures*. 1965. Vol. 1. P. 319–341.

151. Wickens A. H. The Dynamics of Railway Vehicles on Straight Track. Fundamental Considerations of Lateral Stability. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Conference Proceedings.* 1966. Vol. 180, iss. 6. P. 29–44. DOI: 10.1243/PIME_CONF_1965_180_177_02

152. Данилов В. Н., Хусидов В. Д., Филиппов В. Н., Козлов И. В. О методах исследования динамики железнодорожных экипажей. *Вестник ВНИИЖТ*. 1978. № 2. С. 12–14.

153. Кальницкий Л. А. Вертикальные колебания грузовых вагонов на упругих элементах с билинейной статической характеристикой. *Научные труды ЛИИЖТ*. Ленинград: ЛИИЖТ, 1968. Вып. 281. С. 86–102.

154. Де Патер А. Д. Колебания нелинейных механических систем с жесткими ограничителями. *Труды Международного симпозиума по нелинейным колебаниям*. Киев, 1963. Т. 3. С. 326–346.

155. Тибилов Т. А. Нелинейные задачи динамики рельсовых экипажей. *Проблемы механики железнодорожного транспорта*. Київ: Наукова думка, 1980. С. 137–138.

156. De Pater A.D. The Approximate Determination of the outing Movement of a Railway Vehicle by Aid of the Method of Krylov and Bogoliubov. *Applied Scientific Research. Section A.* 1961. Vol. 10. P. 203–228.

157. Дойл Г. Р., Прауз Р. Г. Устойчивость при извилистом движении рельсовых экипажей, колесные пары которых имеют крутильную жесткость. *Конструирование и технология машиностроения. Сер.Б.* 1977. Т. 99, № 1. С. 10–20.

158. Докейниш М. А., Сиддел Дж. Н., Элмрой В. О влиянии неровностей рельсового пути на динамическую характеристику железнодорожных экипажей. *Конструирование и технология машиностроения. Сер. Б.* 1974. Т. 96. С.50–62.

159. Вершинский С. В., Данилов В. Н., Челноков И. И. Динамика вагона. Москва: Транспорт, 1972. 304 с.

160. Камаев В. А. Оптимизация параметров ходовых частей железнодорожного подвижного состава. Москва: Машиностроение, 1980. 215 с.

161. Львов А. А., Грачева Л. О. Современные методы исследования динамики вагонов: Научные труды ЦНИИ МПС. Москва: Трансжелдориздат, 1972. Вып. 457. 160 с.

162. Требования к конструкции двухосных тележек грузовых вагонов для перспективных условий эксплуатации: Научные труды ЦНИИ МПС. Москва: Трансжелдориздат, 1973. Вып. 483. 96 с.

163. Хохлов А. А. К вопросу управления динамическими процессами вагонов. *Проблемы механики железнодорожного транспорта*. Київ: Наукова думка, 1980. С. 146–147.

164. Худякова А. А., Грачева Л. О. Метод теоретического исследования пространственных колебаний вагонов. *Вестник ВНИИЖТ*. 1978. № 7. С.34–36.

165. Tuten J. M., Law E. H., Cooperrider N. K. Lateral Stability of Freight Cars With Axles Having Different Wheel Profiles and Asymmetric Loading. *Journal of Engineering for Industry*. 1979. Vol. 101, No. 1. P. 1–16. https://doi.org/10.1115/1.3439469

166. Бурчак Г. П., Вучетич И. И., Бузаев А. В. К вопросу выбора расчетных схем и возмущающих воздействий в задачах о вертикальных колебаниях подвижного состава. *Научные труды ВНИИВ*. Москва: ВНИИВ, 1974. Вып. 25. С.11–27.

167. Данович В. Д., Рейдемейстер А. Г., Халипова Н. В. Уравнения движения железнодорожного экипажа в переходных и круговых кривых. *Транспорт*. Дніпропетровськ: ДІІТ, 2002. Вип. 10. С. 86–91.

168. Шеффель Г. Устойчивость при вилянии с боковым относом и способность подвижного состава вписываться в кривые. *Железные дороги мира*. 1974. № 12. С. 32–46.

169. Dukkipati R. V., Narayana Swamy S. Lateral stability and steady state curving performance of unconventional rail trucks. *JSME International Journal Series C Mechanical Systems, Machine Elements and Manufacturing*. 2002. Vol. 45, Iss. 1. P. 176–186. https://doi.org/10.1299/jsmec.45.176

170. Блохин Е. П., Данович В. Д., Морозов Н. И. Математическая модель пространственных колебаний четырехосного рельсового экипажа ; Днепропетровский институт инженеров железнодорожного транспорта. Днепропетровск, 1986. 39 с. Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 29.09.86, №7252 ж.д.

171. Левков Г. В., Подбелло А. М., Тененбаум Б. Я. Установление рациональных параметров упруго-диссипативных связей кузова грузового вагона с тележкой. Научные труды ЛИИЖТ. Ленинград: ЛИИЖТ, 1977. Вып. 403. С. 30-37.

172. Ромен Ю. С., Николаев В. Е. Исследование на АВМ движения четырехосного грузового вагона с износами ходовых частей по пути с отступлениями. *Научные труды ЦНИИ МПС*. Москва: Трансжелдориздат, 1976. Вып. 549. С. 77-92.

173. Сурвилло А. Б. Анализ износостойкости и разработка предложений по повышению долговечности пятниковых узлов грузовых вагонов. *Научные труды ЦНИИ МПС*. Москва: Трансжелдориздат, 1976. Вып. 548. С. 153-163.

174. Гамиров В. И., Сурвилло А. Б., Тененбаум Б. Я. Повышение надежности пятников вагонов. *Научные труды ЦНИИ МПС*. Москва: Трансжелдориздат, 1970. Вып. 419. С. 183-202.

175. Вагоны: Конструкция, теория и расчет / Л. А. Шадур, И. И. Челноков, Л. Н. Никольский и др. ; под ред. Л. А. Шадура. Москва: Транспорт, 1980. 439 с.

176. Результаты стендовых испытаний по определению характеристик горизонтальной угловой связи рам тележек грузовых вагонов / В. А. Двухглавов и др. *Проблемы механики наземного транспорта*. Днепропетровск: ДИИТ, 1978. Вып. 199/25. С. 103-107.

177. Экспериментальное определение параметров угловой связи в плане рам тележек грузовых вагонов / В. А. Двухглавов и др. *Научные труды ДИИТ*. Днепропетровск: ДИИТ, 1977. Вып. 190/23. С. 16-19.

178. Соколов М. М., Шашков Н. А., Корнильев Е. А. Экспериментальные исследования влияния фрикционных гасителей колебаний на связанность элементов тележек в плане. *Научные труды ЛИИЖТ*. Ленинград: ЛИИЖТ, 1970. Вып. 311. С.91-98.

179. Альбрехт В. Г., Котюков И. А., Корн Р. И. Некоторые результаты экспериментальных исследований при движении вагонов на тележках ЦНИИ-Х3 и ЦМВ. *Вестник ВНИИЖТ*. 1967. № 4. С. 16-18.

180. Гасители колебаний вагонов / И.И. Челноков и др. Москва: Трансжелдориздат, 1963. 176 с.

181. Коротенко М. Л., Данович В. Д. Дифференциальные уравнения пространственных колебаний четырехосного вагона с учетом конечной жесткости кузова и инерционных свойств основания. *Проблемы механики наземного транспорта*. Днепропетровск: ДИИТ, 1973. Вып. 199/25. С. 3–13.

182. Bommel P. Applications de la théorie des vibrations non-linéaires sur les problemes du mouvement de lace-b d'un véhicule de chemin de fer : Doctoral thesis Delft Technological University. 1964. P. 15-45.

183. Kalker J. J. On the Rolling of Two Elastic Bodies in the Presence of Dry Friction : Doctoral Thesis Delft Technological University. 1967. P. 120-122.

184. De Pater A.D. On the Reciprocal Pressure Between Two Elastic Bodies. *Proc. Symp. Rolling Contact Phenomena. Amsterdam,* 1962. P. 24-73.

185. Креттек О. Современные достижения в исследовании проблемы сцепления. *Железные дороги мира*. 1974. № 10. С. 3-16.

186. Федюнин Ю. П. Оценка влияния сил взаимодействия колеса и рельса на результаты моделирования боковых колебаний подвижного состава *Научные труды БИТМ*. Брянск: БИТМ, 1974. Вып. 26. С. 18-22.

187. Zhang Li-ping, Li Fu. Исследование явлений крипа на колесных парах с независимо вращающимися колесами. *China Railway science*. 2002. № 3. С. 18-23.

188. Богданов В. М., Марков Д. П., Жаров И. А., Захаров С. М. Относительное проскальзывание в точках контакта колеса с рельсом. *Вестник ВНИИЖТ*. 1999. № 3. С. 6-10.

189. Черняк А. Моделирование взаимодействия колес и рельсов различных стандартов. *Збірник наукових праць КУЕТТ. Серія Транспортні системи і технології*. Київ, 2001. Т. 6. С. 70-76.

190. Голубенко А. Л., Ткаченко В. П., Сапронова С. Ю. Кинематика двухточечного контактирования колеса с рельсом. *Залізничний транспорт України*. 1999. № 4. С. 13-14.

191. Хейман Х. Направление экипажа рельсовой колеей. Москва: Трансжелдориздат, 1957. 416 с.

192. Камаев В. А., Квитко Б. И., Якушев В. В. О построении модели сил псевдоскольжения в задачах исследования боковых колебаний железнодорожных экипажей. *Проблемы механики железнодорожного транспорта*. Київ: Наукова думка, 1980. С. 63-64.

193. Шеффель Г., Ковтун Е., Маркова О., Кик В., Мелле Д., Ивницкий С. Д., Стоу Ю. М. Сравнение различных тележек грузовых вагонов. *Транспорт*. Дніпропетровськ: Арт-Прес, 2000. Вип. 6. С. 134-139.

194. Гарг В. К., Дуккипати Р. В. Динамика подвижного состава. Москва: Транспорт, 1988. 391 с.

195. Pshin'ko O., Blokhin Y., Myamlin S. Simulation of vehicle dynamic loading by means of object-oriented programming. *Archives of transport*. 2002. Vol. 14, issue 1. P. 67-75.

196. Blokhin Y. P., Myamlin S. V., Pshin'ko O. M. Mathematical modeling of body braces in a railway vehicle. *Problemy eksploatacji: Kwartalnik*. Radom: Wyd. Instytutu Technologii Eksploatacji, 2002. № 1. P. 269-276.

197. Ушкалов В. Ф., Редько С. Ф., Бояринцева Л. П. Математическая модель случайных вертикальных возмущений рельсовых экипажей. *Вестник ВНИИЖТ*. 1986. № 6. С. 21–25.

198. Myamlin S. V. Modeling of rail line irregularities in determination of wagon dynamic loading. *Problemy eksploatacji: Kwartalnik*. Radom: Wyd. Instytutu Technologii Eksploatacji, 1999. № 3. P. 293-301.

199. Pshin'ko O. M., Blokhin Y. P., Myamlin S. V. The influence of the length of horizontal and vertical irregularities of railway track on dynamic loading of an open wagon. *Proc. of the 7th mini conference on Vehicle system dynamics, identification and anomalies*. Budapest (Hungary), 2000. P. 247-254.

200. Pshin'ko O., Blokhin E., Myamlin S. Effect of lengths of rail line horizontal and vertical irregularities on dynamic loading conditions of open wagon. *Abstracts of the 7th mini conference on vehicle system dynamics, identification and anomalies*. Budapest (Hungary), 2000. P. 14.

201. Myamlin S., Pshin'ko O. Modeling of rail line irregularities using estimation of their correlation functions. *14 Konf. Naukowa Pojazdy Szynowe na przelomie wiekow*. Krakow: Politechnika Krakowska, 2000. P. 101–108.

202. Мямлин С. В. Способ оценки границ динамической нагруженности груженого полувагона при случайном характере неровностей пути. *Геотехническая механика*. Днепропетровск: Поліграфіст, 2000. Вып. 23. С. 159-164.

203. Горбунов Н. И., Мокроусов С. Д., Ноженко Е. С., Кравченко Е. А., Кара С. В. К вопросу создания тележки грузового вагона. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. 2013. № 18 (207). Ч. 1. С. 87-93.

204. Горбунов Н. И., Мокроусов С. Д., Ноженко Е. С., Кара С. В. Повышение надежности тележки грузового вагона: Расчет и практическая реализация. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. 2014. № 3 (210). С. 62-68.

205. Горбунов М. І., Ноженко О. С., Кара С. В., Кравченко К. О., Кравченко К. О., Макарова В. Д. Обґрунтування технічних рішень щодо підвищення міцності візка вантажного вагона. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. 2015. № 1 (218). Ч. 1. С. 200-203.

206. Domin R., Gorbunov N., Nogenko O., Kara S., Gryndei P., Mokrousov S., Chernikov V. Concepts of modern bogies for railway freight wagon. *TEKA. Commission of motorization and energetics in agriculture*. 2015. Vol. 15, No. 2. S. 45-50.

207. Gorbunov N., Kravchenko E., Prosvirova O., Nozgenko O., Kovtanets M., Mokrousov S., Kara S. Method of determining the parameters of improved railway brake equipment. *TEKA. Commission of motorization and energetics in agriculture*. 2015. Vol. 15, No. 2. S. 33-38.

208. Горбунов М. І., Кара С. В., Ноженко О. С., Анофрієв А. Д. Перспективні напрями підвищення міцності бокових рам візків вантажних вагонів. *Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Серія «Транспортні системи і технології»*. Київ: ДЕТУТ, 2015. Вип. 26-27. С. 148–154.

209. Gerlici U., Gorbunov M., Nozhenko O., Pistek V., Kara S., Lack T., Kravchenko K. About creation of bogie of the freight car. *Communications*. 2017. Vol. 19, No. 2A. P. 29-35.

210. Кара С. В. Покращення показників динаміки та міцності ходової частини вантажних вагонів шляхом конструктивного вдосконалення. *Вісник*

Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2017. № 5 (235). С. 55–60.

211. Gorbunov M., Gerlici J., Kara S., Nozhenko O., Chernyak G., Kravchenko K., Lack T. New principle schemes of freight cars bogies. *Manufacturing Technology*. 2018. Vol. 18, Iss. 2. P. 233-238. DOI: 10.21062/ujep/83.2018/a/1213-2489/MT/18/2/233

212. Gorbunov M., Kara S., Nozhenko O., Fomin O., Vaiciūnas G., Petrenko V. Creation of the image of the new generation freight car bogie. *Transport Means*: proceedings of the 22nd International Scientific Conference (Trakai, October 03–05, 2018). Kaunas: Kaunas University of Technology, 2018. P. 1277-1283.

213. Фомін О. В., Кара С. В., Прокопенко П. М., Горбунов М. І., Фомін В. В. Оцінка динамічних якостей руху переобладнаних вагонів-хоперів після тривалої експлуатації. *Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології»*. 2020. Вип. 36. С. 33–42.

214. Кара С. В., Повисший В. М., Прокопенко П. М. Дослідження та визначення безпечних умов експлуатації порожніх вагонів-хоперів, переобладнаних з цементовозів і мінераловозів. *Залізничний транспорт України*. 2020. № 3. С. 4–9.

215. Фомін О., Горбунов М., Кара С., Прокопенко П., Гріндей П. Створення високоточної розрахункової моделі трьохелементної конструкції візка вантажного вагона. *Транспортні системи і технології*. Київ: ДУІТ, 2020. Вип. 36. С. 104-111. https://doi.org/10.32703/2617-9040-2020-36-11

216. Візок залізничного транспортного засобу : пат. 85928 Україна: МПК B 61F 5/00. № u201305888; заявл. 13.05.2013; опубл. 10.12.2013, бюл. № 23.

217. Візок вантажного вагона : пат. 104537 Україна: МПК B 61F 3/00. № u201506605; заявл. 06.07.2015; опубл. 10.02.2016, бюл. № 3.

218. Бічна рама візка вантажного вагона : пат. 104539 Україна: МПК B61F 5/52, B61F 5/30. № u201506607; заявл. 06.07.2015; опубл. 10.02.2016, бюл. № 3.

219. Візок вантажного вагона : пат. 104542 Україна: МПК B61F 3/00. № u201506618; заявл. 06.07.2015; опубл. 10.02.2016, бюл. № 3.

220. Бічна рама візка вантажного вагона : пат. 104543 Україна: МПК B61F 5/52, B61F 5/30. № u201506620; заявл. 06.07.2015; опубл. 10.02.2016, бюл. № 3.

221. Спосіб зміцнення бічних рам візків вантажних вагонів : пат. 105476 Україна: МПК B61F 3/00. № u201508179; заявл. 18.08.2015; опубл. 25.03.2016, бюл. № 6.

222. Спосіб підвищення міцності та покращення динаміки триелементних візків вантажних вагонів : пат. 105480 Україна: МПК B61F 3/00, B61F 5/00. № u201508184; заявл. 18.08.2015; опубл. 25.03.2016, бюл. № 6.

223. Візок вантажного вагону : пат. 105629 Україна: МПК B61F 3/00, B61F 5/40. № u201509955; заявл. 12.10.2015; опубл. 25.03.2016, бюл. № 6.

224. Надресорна балка візка вантажного вагону : пат. 107079 Україна: МПК B61F 5/00. № u201509892; заявл. 12.10.2015; опубл. 25.05.2016, бюл. № 10.

225. Надресорна балка візка вантажного вагону : пат. 107125 Україна: МПК B61F 5/16, B61F 5/52. № u2015 10925; заявл. 09.11.2015; опубл. 25.05.2016, бюл. № 10.

226. Бічна рама візка вантажного вагона : пат. 107126 Україна: МПК B61F 5/52, B61F 5/30. № u2015 10926; заявл. 09.11.2015; опубл. 25.05.2016, бюл. № 10.

227. Універсальний піввагон : пат. 110386 Україна: МПК B61D 3/00. № u2016 02962; заявл. 23.03.2016; опубл. 10.10.2016, бюл. № 19.

228. Вантажний візок : пат. 114019 Україна: МПК B61F 3/00, B61F 5/30. № u2016 08826; заявл. 15.08.2016; опубл. 27.02.2017, бюл. № 4.

229. Візок вагона : пат. 114020 Україна: МПК B61F 3/00, B61F 5/52, B61F 5/30. № u 2016 08827; заявл. 15.08.2016; опубл. 27.02.2017, бюл. № 4.

230. Візок вантажного вагона : пат. 114022 Україна: МПК B61F 3/00, B61F 5/30. № u 2016 08829; заявл. 15.08.2016; опубл. 27.02.2017, бюл. № 4.

231. Візок вантажного вагона : пат. 115154 Україна: МПК B61F 3/00, B61F 5/00, B61F 5/30. № u 2016 08825; заявл. 15.08.2016; опубл. 10.04.2017, бюл. № 7.

232. Спосіб виготовлення кришки люка піввагона : пат. 115540 Україна: МПК B61D 17/00. № u 2016 09078; заявл. 29.08.2016; опубл. 25.04.2017, бюл. № 8.

233. Спосіб виготовлення кришки люка піввагона : пат. 115541 Україна: МПК B61D 17/00. № u 2016 09084; заявл. 29.08.2016; опубл. 25.04.2017, бюл. № 8.

234. Кришка люка піввагона : пат. 115659 Україна: МПК B61D 3/00, B61D 17/00. № u 2016 10836; заявл. 28.10.2016; опубл. 25.04.2017, бюл. № 8.

235. Кришка люка піввагона : пат. 115661 Україна: МПК (2017.01) B61D 3/00, B61D 17/00. № u 2016 10838; заявл. 28.10.2016; опубл. 25.04.2017, бюл. № 8.

236. Вантажний візок типу 18-100 : пат. 116580 Україна: МПК B61F 3/00. № u 2016 12824; заявл. 16.12.2016; опубл. 25.05.2017, бюл. № 10.

237. Спосіб створення буксового ступеня ресорного підвішування візка вантажного вагона : пат. 117535 Україна: МПК B61F 3/00, B61F 5/26. № u 2017 01083; заявл. 06.02.2017; опубл. 26.06.2017, бюл. № 12.

238. Спосіб зниження механічного зношення кришки люка піввагона : пат. 117537 Україна: МПК B61D 17/00. № u 2017 01093; заявл. 06.02.2017; опубл. 26.06.2017, бюл. № 12.

239. Залізнична вагон-платформа : пат. 117544 Україна: МПК B61 D 3/00. № u 2017 01113; заявл. 06.02.2017; опубл. 26.06.2017, бюл. № 12.

240. Візок вагона : пат. 117942 Україна: МПК B61F 5/30. № u 2017 01624; заявл. 20.02.2017; опубл. 10.07.2017, бюл. № 13.

241. Спосіб поліпшення динамічних характеристик рейкового транспортного засобу : пат. 120630 Україна: МПК B61F 5/08, B61F 5/16. № a201706690; заявл. 29.06.2017; опубл. 10.01.2020, бюл. № 1.

242. Візок вантажного вагона : пат. 124746 Україна: МПК B61F 3/00, B61F 5/40. № u201709819; заявл. 10.10.2017; опубл. 26.02.2018, бюл. № 4.

243. Кришка люка універсального піввагона : пат. 126417 Україна: МПК B61D 17/00. № u201709813; заявл. 10.10.2017; опубл. 25.06.2018, бюл. № 12.

244. Залізнична цистерна : пат. 129970 Україна: МПК B61D 5/00. № u201804499; заявл. 24.04.2018; опубл. 26.11.2018, бюл. № 22.

245. Залізнична цистерна : пат. 129971 Україна: МПК B61D 5/00. № u201804500; заявл. 24.04.2018; опубл. 26.11.2018, бюл. № 22.

246. Залізнична цистерна : пат. 129972 Україна: МПК B61D 5/06. № u201804502; заявл. 24.04.2018; опубл. 26.11.2018, бюл. № 22.

247. Кришка люка універсального піввагона : пат. 130206 Україна: МПК B61D 17/00, B61D 3/00. № u201806586; заявл. 11.06.2018; опубл. 26.11.2018, бюл. № 22.

248. Кришка люка універсального піввагона : пат. 130207 Україна: МПК B61D 17/00, B61D 17/16 (2006.01), B61D 3/00. .№ u201806587; заявл. 11.06.2018; опубл. 26.11.2018, бюл. № 22.

249. Спосіб підвищення конструкційної міцності хребтової балки вантажного вагона : пат. 135500 Україна: МПК B61D 17/00, B61D 17/04 (2006.01). № u201811317; заявл. 19.11.2018; опубл. 10.07.2019, бюл. № 13.

250. Спосіб поліпшення динамічних характеристик рейкового транспортного засобу : пат. 137640 Україна: МПК B01F 5/08 (2006.01), B01F 5/16. № u201905113; заявл. 14.05.2019; опубл. 25.10.2019, бюл. № 20.

251. Візок вантажного вагона : пат. 143239 Україна: МПК B61F 3/00. № u201905110; заявл. 14.05.2019; опубл. 27.07.2020, бюл. № 14.

252. Кара С. В., Ноженко О. С., Горбунов М. І. Шляхи удосконалення конструкцій візків вантажних вагонів. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту*: матеріали II Міжнар. науково-практ. інтернет-конф. молодих вчених та студентів (веб-конференція), Сєвєродонецьк, 22 травня 2015. Сєвєродонецьк: Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, 2015. С. 87-89.

253. Gorbunov N. I., Kara S. V., Anofriev A. D., Fomin A. V., Nozhenko O. S., Diomin R. Yu. Providing reduction of life-cycle cost of resources defining element of the gondola–manhole cover with a fundamentally new design. *Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects*: Theses of international scientific conference, 26-27 January 2016, Strasburg (France). P. 19–21.

254. Gorbunov N. I., Nozhenko O. S., Fomin A. V., Kara S. V., Anofriev A. D. The concept of adaptive and variation image of railway freight wagon with a multi-functional modules and diagnostic systems with a view to minimizing the cost of lifecycle. *Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects*: Theses of international scientific conference, 26-27 January 2016, Strasburg (France). P. 25–27.

255. Kara S. V. Modern bogie for railway freight wagon. *Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects*: Theses of international scientific conference, 26-27 January 2016, Strasburg (France). P. 50–53.

256. Хаустова В. Є., Горбатова Є. Ф. Проблеми розвитку туристичної галузі в Україні. *Проблеми економіки*. 2010. № 2. С. 28–33.

257. Новіцька І. В. Європейський досвід у розвитку залізничного транспорту і туристичної галузі України. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2013. № 41. С. 114–117.

258. Козубова Н. В. Оцінка потенціалу внутрішнього ринку туристичних послуг: автореф. дис. ... канд. екон. наук: 08.00.03 / НАН України, НДЦ індустр. проблем розвитку. Харків, 2015. 20 с.

259. Козловський Є. В. Державне регулювання в галузі туризму: становлення та розвиток в Україні: автореф. дис. .канд. з держ. управ.: 25.00.02 / Національна академія державного управління при Президентові України. Київ, 2008. 19 с.

260. Полюга В. О. Економічні і організаційні важелі регуляторної політики розвитку туризму: автореф. дис. ... канд. екон. наук: 08.02.03 / Інститут регіональних досліджень НАН України. Ужгород, 2005. 27 с.

261. Шульгіна Л. М. Маркетинг підприємств туристичної галузі: автореф. дис. ... канд. екон. наук: 08.06.01 / Київський національний торговельно-економічний університет. Київ, 2006. 41 с.

262. Стойка В. О. Актуальні проблеми та перспективи розвитку туристичної галузі як пріоритетного напряму інвестування соціальної сфери. *Науковий вісник Чернігівського державного інституту економіки і управління*. 2011. № 1 (9). С. 96–104.

263. Марценюк Л. В. Визначення оптимальних структур управління туристичними перевезеннями. *Економіка та держава*. 2016. № 1. С. 22–26.

264. Марценюк Л. В. Організаційні моделі управління туристичним бізнесом. *Економіка та держава*. 2016. № 3. С. 23–27.

265. Khanal B. R., Gan C., Becken S. Tourism inter-industry linkages in the Lao PDR economy: an input-output analysis. *Tourism Economics*. 2014. Vol. 20, № 1. P. 171–194. DOI: 10.5367/te.2013.0255

266. Forsyth P., Dwyer L., Spurr R., Pham T. The impacts of Australia's departure tax: Tourism versus the economy? *Tourism Management*. 2014. Vol. 40. P. 126–136. DOI: 10.1016/j.tourman.2013.05.011

267. Абдуразакова, Я. М. Современный международный туризм: тенденции и перспективы. *Вестник АГТУ. Сер.: Экономика*. 2010. № 2. – С.159–166.

268. Марценюк Л. В. Основні засади розвитку транспортного туризму в Україні. *Вісник Дніпропетровського національного університету*

залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. Дніпропетровськ, 2013. Вип. 47. С. 24–32.

269. Новгородцева А. Н. Становление теории туризма в зарубежной и отечественной практике. *Известия РГПУ им. А. И. Герцена*. 2009. № 115. С. 310-319.

270. Про туризм : Закон України від 15 вересня 1995 р. № 324/95-ВР. Законодавство України : база даних / Верхов. Рада України. URL: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/324/95-вр

271. Brida J. G., Deidda M., Pulina M. Tourism and transport systems in mountain environments: analysis of the economic efficiency of cableways in South Tyrol. *Journal of Transport Geography*. 2014. Vol. 36. P. 1–11.

272. UNWTO Tourism Highlights, 2009 Edition. UNWTO Publications Department. 12 p. URL: http://tourlib.net/wto/WTO_highlights_2009.pdf

273. Балака Є. І., Сіваконева Г. О. Організаційний аспект відродження та розвитку залізничного туризму на основі кластерізації. *Технологический аудит и резервы производства*. 2014. № 1 (2). С. 41–44.

274. Дергоусова А. О. Позиціонування залізничного транспорту на ринку туристичних послуг. *Економіка. Фінанси. Право*. 2013. № 12. С. 4–7.

275. Познякова О. В. Подієвий туристський потенціал України як напрям розвитку залізничного туризму. *Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Серія «Економіка і управління»*. Київ, 2012. № 21–22 (1). С. 290–294.

276. Пшінько О., Вернигора Р., Коробйова Р. Перспективи розвитку залізничного туризму в Україні. *Українські залізниці*. 2014. № 12. С. 38–42.

277. Стрілець В. І., Ялбуган О. Ф. Організація залізничного туризму в Україні як чинник підвищення прибутковості галузі. *Проблеми економіки транспорту : зб. наук. пр. ДНУЗТ*. Дніпропетровськ, 2011. Вип. 1. С. 114–117.

278. Супонєва В. П. Розвиток залізничного туризму України та утворення нового підрозділу з управління залізничним туризмом. *Вісник*

економіки транспорту і промисловості. Харків: УкрДАЗТ, 2009. Вип. 25. С. 137–140.

279. Blancheton B. The three systems of rail tourism: French case. *Tourism Management Perspective*. 2013. № 5. P. 31–40. DOI: 10.1016/j.tmp.2012.09.008.

280. Bramwell B., Lane B. Tourism collaboration and partnerships: Politics, practice and sustainability. Clevedon : Channel View Publications, 2000. 343 p.

281. Hannam K., Butler G., Paris C. Developments and key issues in tourism nobilities. *Annals of Tourism Research*. 2014. № 44. P. 171–185. DOI: 10.1016/j.annals.2013.09.010

282. Hsu Y. L., Ting Y. S., Chen K. Y. Global travel trend in rail tourism development. *Актуальні проблеми економіки*. 2013. № 11. С. 536–541.

283. Марценюк Л. В. Напрямки розвитку внутрішнього туризму в Україні. *Наука та прогрес транспорту*. 2014. № 6 (54). С. 41–52.

284. Бараш Ю. С., Марценюк Л. В. Методи організації туристичних перевезень. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. Харків : УкрДАЗТ, 2016. Вип. 1. С. 14–23.

285. Бараш Ю. С., Гненний О. М., Марценюк Л. В., Чаркіна Т. Ю. Comparison of tourist traffic by railway and automobile transport and methodical approach to determining the costs of such transportatoins. *Технологический аудит и резервы производства*. 2017. № 1/4 (33). С. 29–35.

286. Гненний О. М. Методичні підходи до оцінки економічної ефективності інвестицій у розвиток туристичних перевезень залізничним транспортом. *Проблеми економіки транспорту : зб. наук. пр. ДНУЗТ*. Дніпропетровськ, 2015. Вип. 10. С. 7–14.

287. Дергоусова А. О. Формування стратегії розвитку залізничного туризму : дис. … канд. екон. наук: 08.00.04. / УкрДАЗТ. Харків, 2012. 216 с.

288. Марценюк Л. В. Теоретичні та практичні аспекти управління ефективністю залізничного туризму : монографія. Дніпро: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2016. 242 с.

289. Кузнецов В. Г., Пшінько П. О., Клименко І. В., Гуменюк А. В., Загорулько С. М. Перспективи розвитку залізничного туризму України на вузькоколійних лініях Закарпаття. *Наука та прогрес транспорту*. 2015. № 4(58). С. 23–33. DOI: 10.15802/stp2015/49196

290. Бланк И. А. Основы инвестиционного менеджмента. Киев: Эльга-Н, 2001. 512 с.

291. Бланк І. О. Інвестиційний менеджмент: підручник. – Київ: Лібра, 2006.

292. Гненний О. М. Визначення ставки дисконту на базі імовірнісної моделі інвестиційного ринку. *Розвиток економічних методів управління національною економікою та економікою підприємства*. Донецьк: ДонДУУ, 2012. Т. XIII. Вип. 239. С. 72–83.

293. Гненний О. М., Чернова Н. С. До питання оцінки економічної ефективності інвестиційних программ. *Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Проблеми економіки транспорту»*. Дніпропетровськ, 2014. Вип. 7. С. 37–46.

294. Гненный О. Н. Определение коммерческой эффективности инвестиционных проектов на железнодорожном транспорте с применением метода Монте-Карло. *Вісник ХНУ*. 2001. № 512. С. 17–19.

295. Гненный О. Н. Определение ожидаемого интегрального эффекта инвестиционного проекта с применением метода Монте-Карло. *Вісник ХНУ*. 2002. №565. С. 61–63.

296. Дука А. І. Теорія та практика інвестиційної діяльності. Інвестування. Київ: Каравелла, 2007.

297. Ендовицкий Д. А., Коменденко С.Н., Коробейникова Л.С. Практикум по финансово-инвестиционному анализу. Ситуации. Методики. Решения: учебное пособие / под ред. Д.А. Ендовицкого. Москва: КНОРУС, 2006. 432 с.

298. Касимов Ю. Ф. Основы теории оптимального портфеля ценных бумаг. Москва: Информационно-издательский дом «Филинъ», 1998. 144 с.

299. Методика проведення державної експертизи інвестиційних проектів : затв. наказом Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 13.03.2013 № 243.

300. Методичні рекомендації з розроблення бізнес-плану підприємств, затверджені наказом Міністерства економіки України від 06.09.2006 № 290.

301. Методичні рекомендації з розроблення інвестиційного проекту, для реалізації якого може надаватися державна підтримка : затв. наказом Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 13.11.2012 № 1279.

302. Методичні рекомендації щодо проведення оцінки економічної і соціальної ефективності виконання державних цільових програм : затв. наказом Міністерства економіки України від 24.06.2010 № 742.

303. Методы экономической оценки инвестиционных проектов на транспорте: учеб.-метод. пособие / Сост. Ю. Ф. Кулаев. Киев: Транспорт Украины, 2001. 182 с.

304. Порядок та критерії оцінки економічної ефективності проектних (інвестиційних) пропозицій та інвестиційних проектів : затв. постановою Кабінету Міністрів України від 18.07.2012 № 684.

305. Правик Ю. М. Інвестиційний менеджмент: навч. посібник. Київ: Знання, 2007. 431 с.

Додаток А

Схеми основних вузькоколійних залізниць України

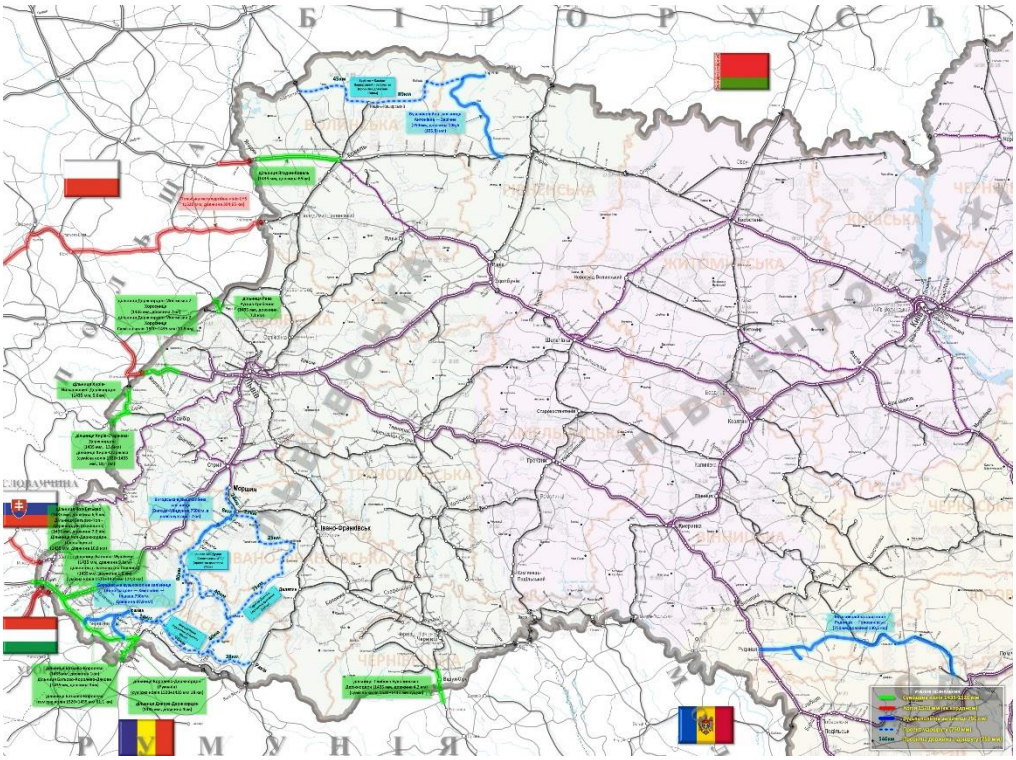


Рисунок А.1 Загальний вигляд мережі основних вузькоколійних залізниць

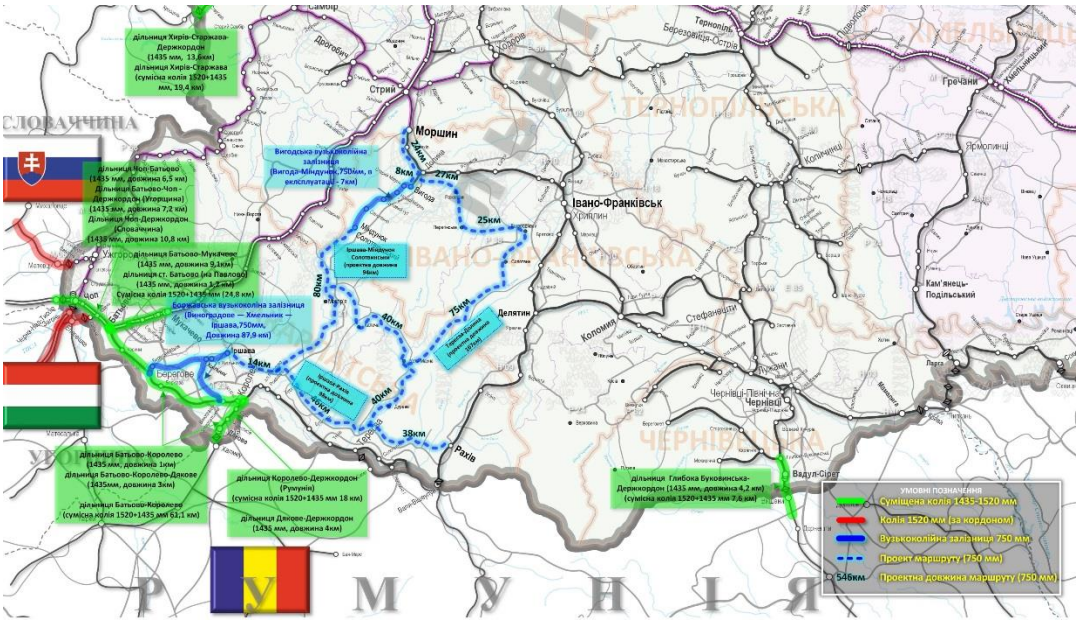


Рисунок А.2 Боржавська та Вигодська вузькоколійні залізниці

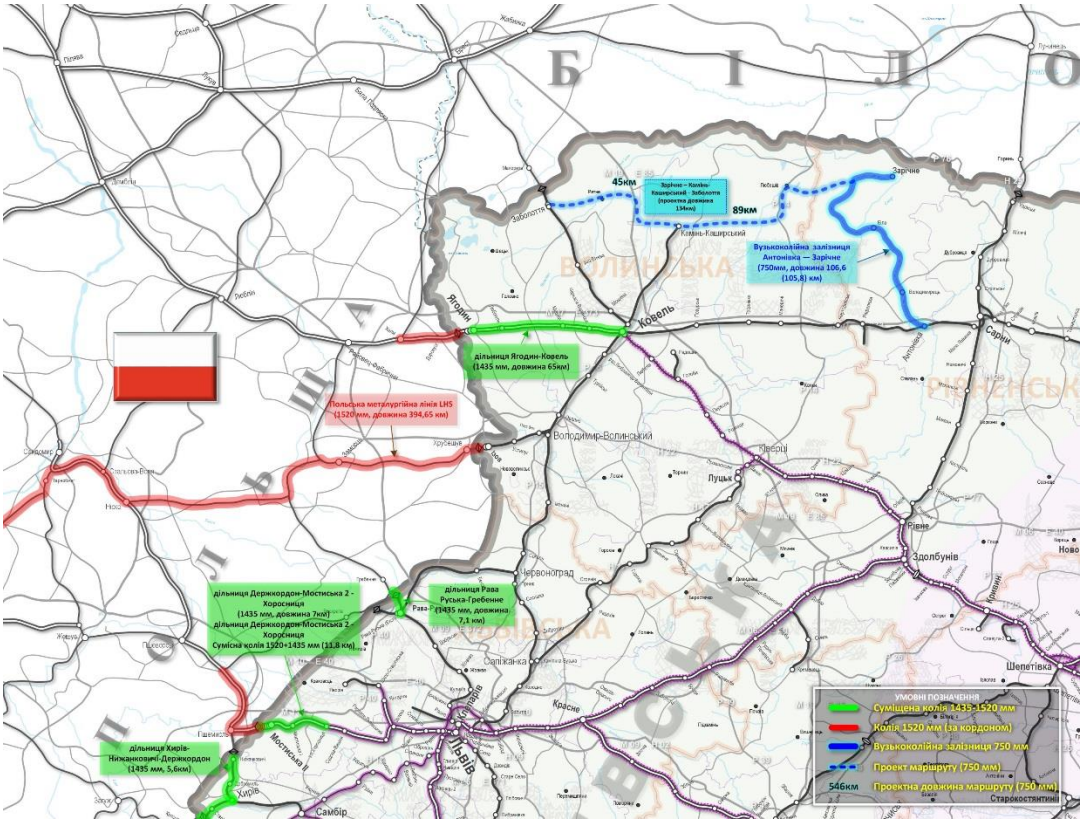


Рисунок А.3 Вузькоколійна залізниця Антонівка – Зарічне

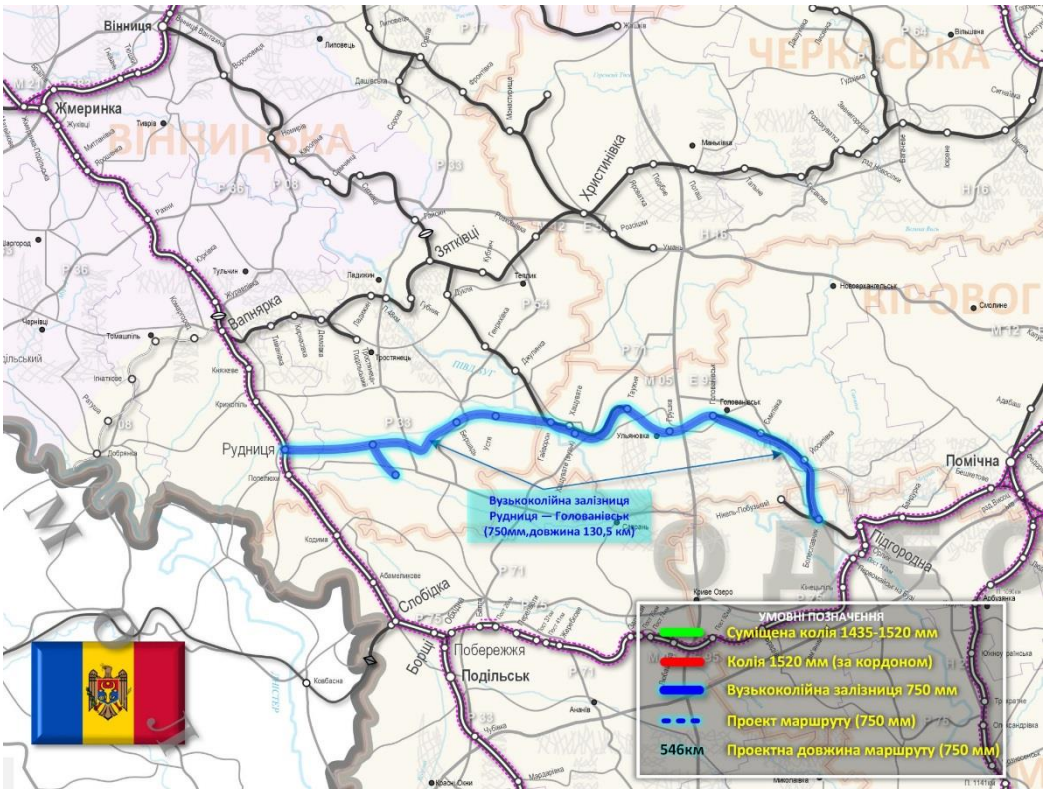


Рисунок А.4 Вузькоколійна залізниця Рудниця – Голованівськ

Додаток Б

Аналіз технічного стану парку рухомого складу вузькоколійних залізниць України

Наявний парк рухомого складу вузькоколійних залізниць обліковується на регіональних філіях АТ «Укрзалізниця». Основна частина вагонів та локомотивів знаходиться на Львівській та Одеській регіональних філіях.

За даними на початок 2016 року інвентарний парк рухомого складу регіональної філії «Львівська залізниця» склав у відповідності до таблиці Б.1 та таблиці Б.2:

Таблиця Б.1 – Інвентарний парк локомотивів

РПЧ	Депо	РС (кількість)	Завод. №	Дата побудови	АЛС
Львівська залізниця					
4	Коломия	ТГК2 (2 од.)	6614	31.08.1983	
5	Королево	ТУ-2 (3 од.)	018	11.08.1956	не обл.
			034	27.11.1956	не обл.
			098	31.05.1957	не обл.
		ТУ7А (3 од.)	3278	27.09.1991	не обл.
			3281	02.10.1991	не обл.
			3282	04.10.1991	не обл.
3	Здолбунів	ТУ2 (2 од.)	062	31.05.1957	не обл.
			097	31.05.1957	не обл.

Таблиця Б.2 – Інвентарний парк вагонів

РПЧ	Депо	РС	Кількість
Львівська залізниця			
3	Здолбунів	Пасажирські вагони	10
		Вантажні платформи	-
		Криті вантажні вагони	-
5	Королево	Пасажирські вагони	14
		Вантажні платформи	39
		Криті вантажні вагони	4

На балансі РПЧ-5 (ст. Королево) знаходяться тепловози серії ТУ-7А (в кількості 3 од.) та тепловози серії ТУ-2 (в кількості 3 од.), пасажирські вагони колії 750 мм (в кількості 13 од.), вантажні платформи (в кількості 39 од.) та криті вантажні вагони (в кількості 4 од.).

Тепловози серії ТУ-7А:

1. ТУ7А-3278 (несправний, знаходиться в резерві управління залізниці (далі РУЗ)) - несправний дизель, секції охолодження, відсутня АБ;

2. ТУ7А-3281 (несправний знаходиться в РУЗ) несправний дизель, редуктор приводу 1-ої колісної пари, електричних кіл управління, відсутня АБ, наведено на рисунках Б.1-Б.4;

3. ТУ7А-3282 (несправний, знаходиться в РУЗ) несправний дизель, секції охолодження, відсутня АБ.

Дизелі усіх названих тепловозів потребують капітального ремонту. Орієнтовна вартість капітального ремонту одного дизеля 70 000,00 грн.

Рисунок Б.1 - Загальний вигляд тепловозу ТУ7А

Рисунок Б.2 - Загальний вигляд тепловозу ТУ7А

Рисунок Б.3 - Загальний вигляд ходової частині тепловозу ТУ7А

Рисунок Б.4 - Загальний вигляд кабіни машиніста тепловозу ТУ7А

Тепловози серії ТУ-2:

1) ТУ2-018 (несправний, потребує заводського ремонту) відсутні ресори, паливопрокачуючий насос, збуджувач головного генератора (Ужгород, дитяча залізниця);
2) ТУ2-034 (технічно справний, знаходиться в експлуатації, в зв`язку з граничним зносом деталей потребує заводського ремонту);
3) ТУ2-098 (технічно справний, знаходиться в експлуатації, в зв`язку з граничним зносом деталей потребує заводського ремонту).

Нижче, на рисунках Б.5-Б.10, наведені фотографії технічного стану тепловозу ТУ2-03, який знаходиться в експлуатації.

Рисунок Б.5 - Загальний від 1 тепловозу ТУ2

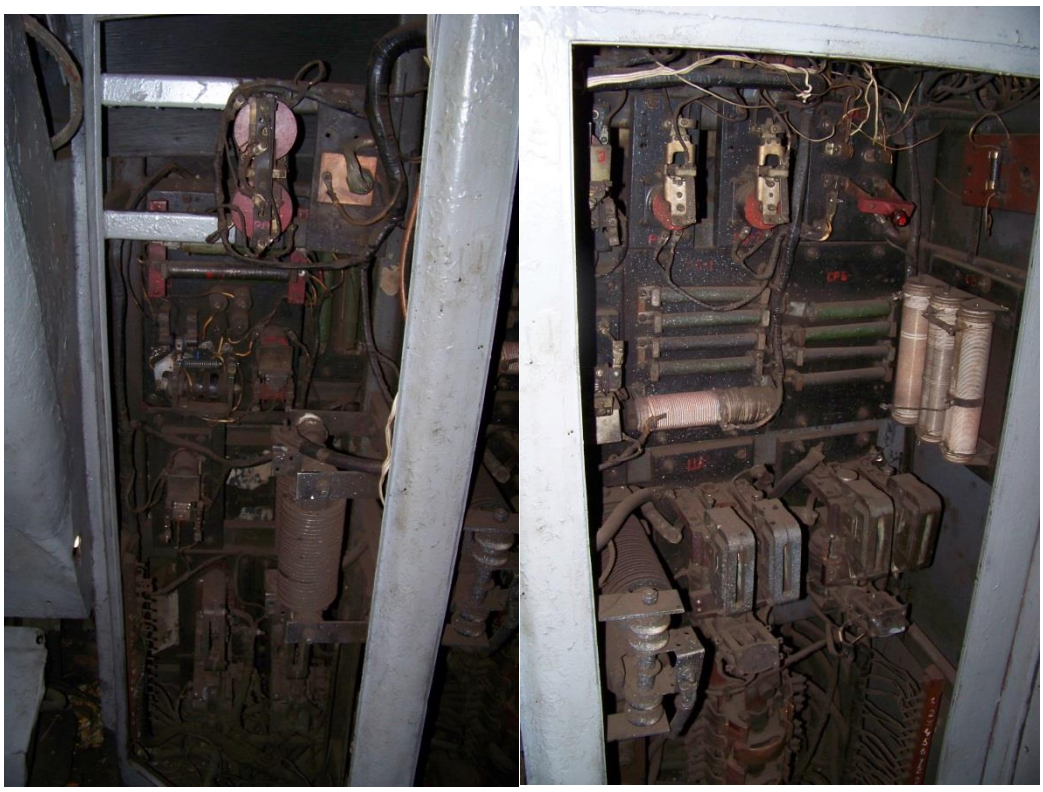


Рисунок Б.6 - Загальний вигляд внутрішнього обладнання тепловозу ТУ2

Рисунок Б.7 - Загальний вигляд дизельного відділення тепловозу ТУ2

Рисунок Б.8 - Загальний вигляд системи керування тепловозу ТУ2

Рисунок Б.9 - Загальний вигляд ходової частини тепловозу ТУ2

Рисунок Б.10 - Зчіпний пристрій

Аналіз технічного стану пасажирських вагонів колії 750 мм за результатами технічного аудиту наведено в таблиці Б.3.

Таблиця Б.3 – Технічний стан пасажирських вагонів колії 750 мм

Пасажирський вагон ПР-061 №210	Справний
Пасажирський вагон ПР-0621 №211	Справний
Пасажирський вагон ПР-061 №217	Справний
Пасажирський вагон ПР-061 №229	Справний
Вагон пасажирський №201	Справний
Вагон пасажирський №227	Справний
Вагон пасажирський №226	Справний
Вагон пасажирський №233	Справний
Вагон пасажирський №213	Несправний, знаходиться в очікуванні списання
Вагон пасажирський №215	Несправний, знаходиться в очікуванні списання
Вагон пасажирський №26	Несправний, знаходиться в очікуванні списання
Вагон пасажирський №27	Несправний, знаходиться в очікуванні списання
Вагон пасажирський №191	Несправний, знаходиться в очікуванні списання
Вагон пасажирський №201	Несправний, знаходиться в очікуванні списання

Далі для прикладу наведені рисунки з основними дефектами і технічним станом пасажирських вагонів, які знаходяться в експлуатації.

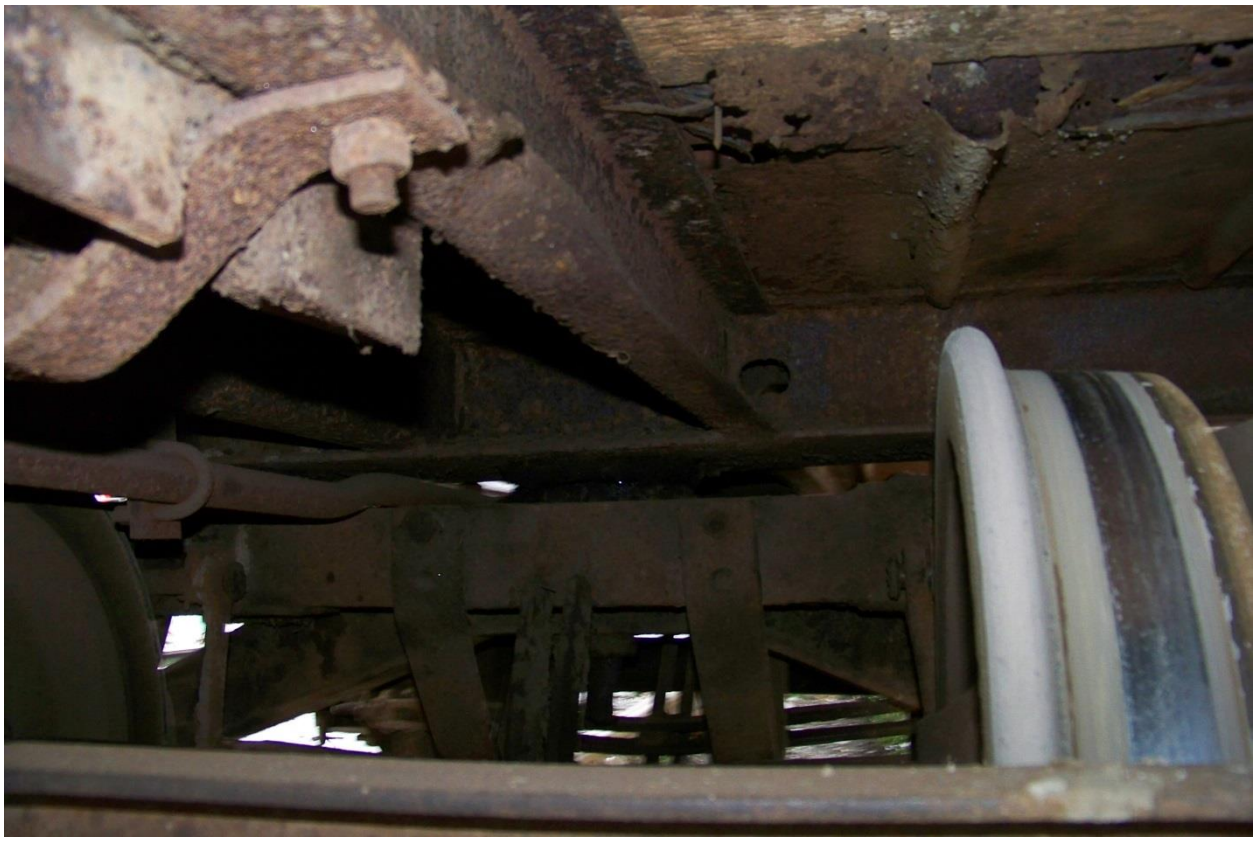


Рисунок Б.11 - Наскрізна корозія кузова вагона 211

Рисунок Б.12 - Наскрізна корозія кузова вагона 211

Рисунок Б.13 - Наскрізна корозія кузова вагона 211

Рисунок Б.14 - Наскрізна корозія кузова вагона 211

Рисунок Б.15 - Деформація повздовжньої балки кузова вагона 211

Рисунок Б.16 - Наскрізна корозія кузова вагона 210

Рисунок Б.17 - Деформація повздовжньої балки кузова вагона 210

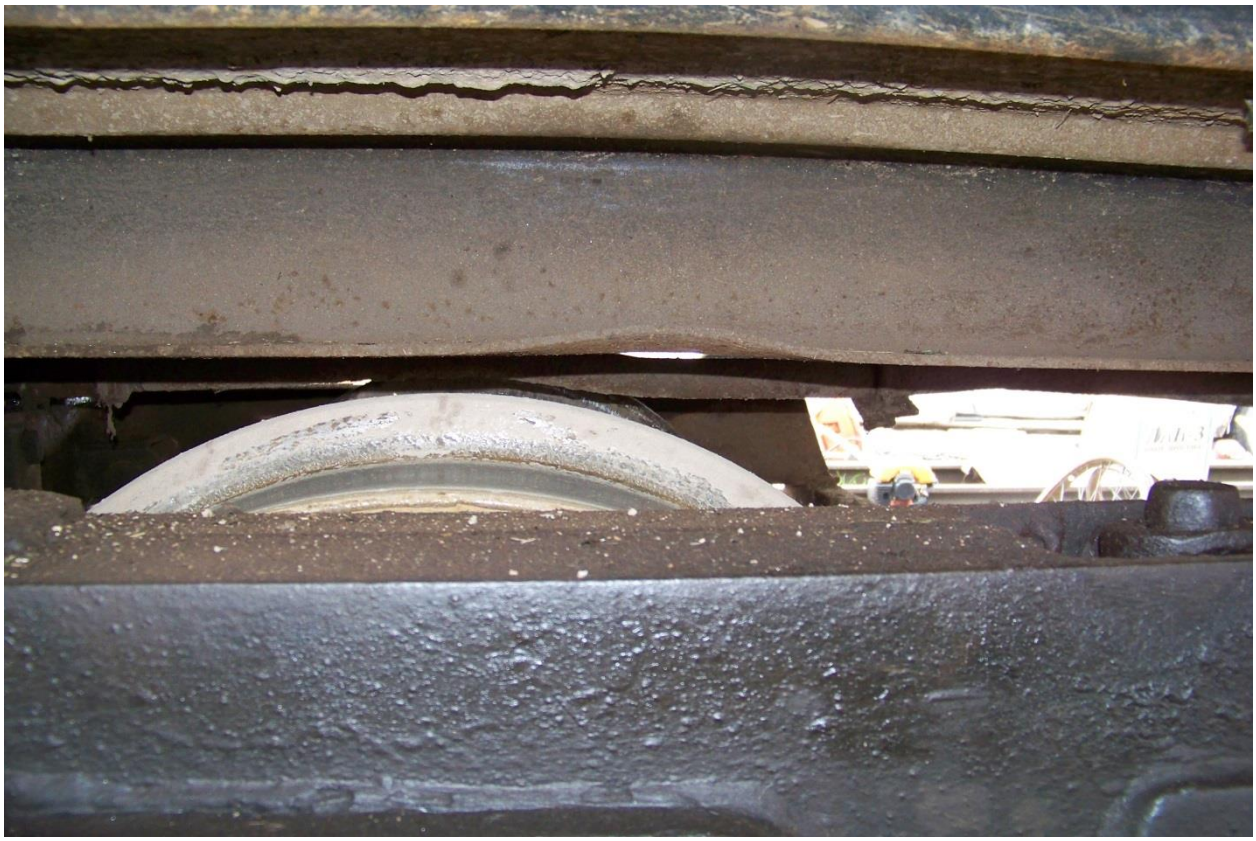


Рисунок Б.18 - Деформація повздовжньої балки кузова вагона 226

Рисунок Б.19 - Деформація повздовжньої балки кузова вагона 226

Рисунок Б.20 - Наскрізна корозія кузова вагона 226

Рисунок Б.21 - Наскрізна корозія кузова вагона 226

Рисунок Б.22 - Наскрізна корозія кузова вагона 226

Рисунок Б.23 - Наскрізна корозія кузова вагона 226

Рисунок Б.24 - Наскрізна корозія кузова вагона 226

Рисунок Б.25 - Загальний вигляд пасажирського вагона 211

Рисунок Б.26 - Ходова частина пасажирського вагона 211

Рисунок Б.27 - Внутрішній інтер’єр пасажирського вагона 211

Рисунок Б.28 - Внутрішній інтер’єр пасажирського вагона 211

Рисунок Б.29 - Внутрішній інтер’єр пасажирського вагона 211

Рисунок Б.30 - Салон пасажирського вагона 211

Аналіз технічного стану вантажних вагонів колії 750 мм за результатами технічного аудиту наведено в таблицях Б.4 та Б.5, а також на рисунках Б.31-Б.42.

Таблиця Б.4 - Вантажні платформи колії 750 мм

№п/п	Найменування , зав.№	Технічний стан
1	Вантажна платформа №017689	справний
2	Вантажна платформа №017702	справний
3	Вантажна платформа №017703	справний
4	Вантажна платформа №017709	справний
5	Вантажна платформа №017710	справний
6	Вантажна платформа №1850	справний
7	Вантажна платформа №1875	справний
8	Вантажна платформа №1876	справний
9	Вантажна платформа №1877	справний
10	Вантажна платформа №1879	справний
11	Вантажна платформа №1880	справний
12	Вантажна платформа №1881	справний
13	Вантажна платформа №1882	справний
14	Вантажна платформа №1883	справний
15	Вантажна платформа №1884	справний
16	Вантажна платформа №1885	справний
17	Вантажна платформа №1886	справний
18	Вантажна платформа №1887	справний
19	Вантажна платформа №1889	справний
20	Вантажна платформа №017590	справний
21	Вантажна платформа №017594	справний
22	Вантажна платформа №017617	справний
23	Вантажна платформа №017621	справний
24	Вантажна платформа №017657	справний
25	Вантажна платформа №017665	справний
26	Вантажна платформа №017675	справний
27	Вантажна платформа №017676	справний
28	Вантажна платформа №017677	справний
29	Вантажна платформа №017678	справний
30	Вантажна платформа №017680	справний
31	Вантажна платформа №017683	справний
32	Вантажна платформа №017685	справний
33	Вантажна платформа №017686	справний
34	Вантажна платформа №017712	справний
35	Вантажна платформа №017717	справний
36	Вантажна платформа №017736	справний
37	Вантажна платформа №017748	справний
38	Вантажна платформа №017768	справний
39	Вантажна платформа №017780	справний

Рисунок Б.31 - Зовнішній вигляд вантажній платформи

Рисунок Б.32 – Візок вагона-платформи

Рисунок Б.33 - Кузов вагона-платформи

Рисунок Б.34 - Наскрізна корозія кузова вагона-платформи

Рисунок Б.35 – Буксовий вузол візка вантажного вагону

Рисунок Б.36 – Центральне ресорне підвішування візка вантажного вагону

Рисунок Б.37 - Сковзун візка вантажного вагону

Таблиця Б.5 - Вантажні криті вагони колії 750 мм

Вантажний критий вагон №1616	справний
Вантажний критий вагон №1670	справний
Вантажний критий вагон №1708	справний
Вантажний вагон критий №1713	справний

Рисунок Б.38 - Вантажний критий вагон. Загальний вигляд.

Рисунок Б.39 - Вантажний критий вагон. Загальний вигляд.

Рисунок Б.40 - Візок вантажного критого вагона. Загальний вигляд.

Рисунок Б.41 - Вантажний критий вагон. Загальний вигляд.

Рисунок Б.42 - Візок вантажного критого вагона. Загальний вигляд.

Далі наведено інформацію стосовно приписного парку вантажних та пасажирських вагонів колії 750 мм та тепловозів ТУ-2, які знаходяться на балансі Моторвагонного депо Здолбунів регіональної філії «Львівська залізниця» на момент проведення технічного аудиту (цех Антонівка).

Таблиця Б.6 – Приписний парк тепловозів колії 750 мм

№п/п	Найменування , заводський номер	Дата побудови
1	Тепловоз ТУ-2 №062	01.01.1957
2	Тепловоз ТУ-2 №097	01.01.1957

З числа вищенаведених тепловозів, тепловоз ТУ-2 №097 знаходяться на виконанні непланового ремонту з причини несправності дизельного двигуна 1Д12 та ресорного підвішування (8 шт).

Приписний парк пасажирських вагонів колії 750 мм становить 10 вагонів, з них чотири вагони обладнані котлами опалення (експлуатуються в опалювальний сезон), інші вагони експлуатуються в літній період.

Таблиця Б.7 - Приписний парк пасажирських вагонів колії 750мм.

№П/П	Найменування, зав.№, місце знаходження	Дата побудови
1	Пасажирський вагон ПВ-50 №5879	01.04.1984
2	Пасажирський вагон ПВ-50 №5835	01.11.1983
3	Пасажирський вагон ПВ-50 №5909	01.04.1984
4	Пасажирський вагон ПВ-50 №6124	01.04.1984
5	Пасажирський вагон ПВ-50 №6421	01.03.1987
6	Пасажирський вагон ПВ-50 №6433	01.03.1987
7	Пасажирський вагон ПВ-50 №5834	01.11.1983
8	Пасажирський вагон ПВ-50 №5836	01.11.1983
9	Пасажирський вагон ПВ-50 №6437	01.03.1987
10	Пасажирський вагон ПВ-50 №5881	01.04.1984

З числа вищенаведених вагонів, пасажирські вагони (№5836, 5834) - знаходяться в незадовільному технічному-стані (наскрізна зовнішня та внутрішня корозія; потребують виключення з інвентарю та подальшої процедури щодо їх списання.

Таким чином, аналіз технічного стану парку вузькоколійного рухомого складу регіональної філії «Львівська залізниця», що здійснений за результатами технічного аудиту фахівців за участю автора, свідчить про наступне:

- тепловози ТУ2 мають недостатню кількість для їх використання в регулярному пасажирському русі, до того ж вік їх побудови потребує проведення фундаментальних досліджень щодо подовження терміну корисної експлуатації та суттєвих витрат на відновлення міцності основних несучих конструкцій та проведення капітально-відновлювального ремонту;
- тепловози ТУ7 використовуються як вантажно-маневрові, їх придатність до пасажирського руху має бути предметом окремого дослідження, при цьому, відновлення їх працездатності вимагає проведення повномасштабних ремонтних робіт;
- кузови пасажирських вагонів мають численні дефекти, в тому числі основних несучих конструкцій, до того, вони не комплектувалися ремонтною та експлуатаційною та конструкторською документацією, практично придатною до подальшої експлуатації є їх екіпажна частина (візки) та окремі вузли кузовів, але через значний моральний та фізичний знос потребують суттєвого оновлення;
- зважаючи на вищевказане, реальним виходом з даної ситуації є розробка та освоєння виробництва достатньої кількості нових тепловозів вузької колії та спеціалізованих пасажирських вагонів, або проектування та виготовлення кузовів існуючих вагонів, пристосованих для виконання заявлених пасажирських перевезень;

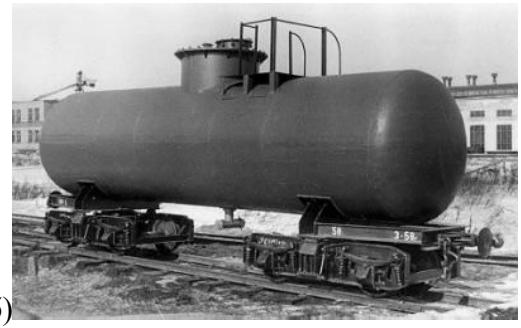
- рекомендується виділення пасажирського рухомого складу вузькоколійних залізниць за призначенням, а саме: для забезпечення регулярних пасажирських перевезень (міжміські та приміські перевезення), для забезпечення туристичних перевезень спеціально сформованими поїздами, які б включали до свого складу повний спектр пасажирських вагонів необхідних для життєзабезпечення рухомого складу та створення безпечних і комфортних умов транспортування туристів та туристичного обладнання. Даний комплекс робіт можливо здійснити за рахунок впровадження запропонованих автором в даній роботі вдосконалених конструкцій пасажирських вагонів та візків до них. Модельний ряд пасажирського рухомого складу для здійснення туристичних перевезень, в тому числі гірськими маршрутами, включає в себе наступний рухомий склад: пасажирські вагони першого та другого класів, вагон-салон, вагон-ресторан, вагон-буфет, вагон купейного типу та технічний вагон;
- значний моральний та фізичний знос вантажних вагонів вузькоколійних залізниць свідчить про необхідність суттєвого оновлення парку вантажного рухомого складу, в першу чергу, за рахунок розробки, освоєння виробництва та впровадження в експлуатацію удосконалених конструкцій вузькоколійних вантажних вагонів з урахуванням особливостей використання на гірських ділянках колії. В даній роботі автором запропоновано відповідні інновацій конструкції основних типів вантажних вагонів для вузькоколійних залізниць.

Додаток В

Аналіз конструкцій вантажного рухомого складу вузькоколійних залізниць

Цистерна. Чотиривісна цистерна вантажопідйомністю 10 і 20 т призначена для перевезення рідин: нафти і продуктів її переробки, слабоагресивної рідини (аміачну воду, етанол) по залізницях вузької колії. Цистерни безрамної конструкції, несучий котел – зварний. Цистерна обладнана спеціальним нижнім зливним двостороннім приладом, який відкривається і закривається за допомогою механічного приводу, зі штурвалом, розташованим зверху всередині ковпака. Для доступу до ковпака є сходи і верхня площадка. Цистерна обладнана автоматичним пневматичним гальмом і типовим для вузької колії ударно-тягових приладом. Приклади цистерн для вузькоколійних залізниць показано на рис. В.1:

- цистерна ВЦ10 – для вузькоколійних залізниць (вантажопідйомність 10 тон);
- цистерна ВЦ20 – для вузькоколійних залізниць (вантажопідйомність 20-22 тон).

а) б) 

в)

Рисунок В.1 – Цистерни для вузькоколійних залізниць:

а, б - ВЦ-10, в - ВЦ-20

Чотиривісна цистерна вантажопідйомністю 20 т (модель 45-046), що призначена для перевезення нафтопродуктів (рис. В.2).

Вагон виготовляється у виконанні У відповідно до ГОСТ 15150-69.

Цистерна має безрамну конструкцію.

Несучий зварний котел, виготовлений зі сталі ВСтЗсп5 по ГОСТ 380-71, має у верхній частині ковпак діаметром 900 мм і обладнаний спеціальним нижнім зливним пристроєм, який відкривається і закривається за допомогою механічного приводу зі штурвалом, розташованим всередині ковпака.

Рисунок В.2 – Цистерни для вузькоколійних залізниць моделі 45-046

Для зручності доступу до ковпака є сходи і верхня площадка. На ковпаку розташований запобіжний клапан, відрегульований на надлишковий тиск 0,15 МПа (1,5 кгс/с м^2).

Котел через дві зварні з прокатних профілів короткі кінцеві напіврами спирається на типові двовісні візки типу II по ОСТ 24.153.11-82 вагонів колії 750 мм з центральним комбінованим ресорним підвішуванням.

Цистерна обладнана автоматичним пневматичним гальмом і типовим однобуферним ударно-тяговим приладом вагонів вузької колії.

Технічна характеристика:

- ширина колії, мм – 750;
- вантажопідйомність, т – 20;
- об’єм котла, м^3 – 20,1;

- маса вагона (тара), т – 8,4;

- база вагона, мм – 6900, візка, мм – 1300;

довжина, мм, вагона по буферам, мм – 10640; по кінцевим балкам, мм – 9700; котла зовнішня, мм – 9970;

- ширина максимальна, мм – 1950;

- висота від рівня головок рейок максимальна, мм – 3200; до осі зчепок, мм – 620;

- діаметр котла внутрішній, мм – 1610;

- робочий тиск, максимальний, МПа (кгс/см^2) – 0,15 (1,50);

- коефіцієнт тари – 0,42;

- навантаження від колісної пари на рейки, брутто, кН (тс) – 69,6 (7,1);

- навантаження на 1 пог. м колії, брутто, кН/м (тс/м) – 26,15 (2,67);

- швидкість конструкційна, км/год – 60;

- габарит по ГОСТ 9720-76 – Ту.

Критий вагон. Вантажні криті вузькоколійні вагони призначені для забезпечення схоронності вантажу, що перевозиться, від атмосферних опадів. Вузькоколійні криті вагони бувають: універсальні і спеціальні.

Універсальні – криті вузькоколійні вагони, призначені для перевезення штучних вантажів великої номенклатури, а також інших сипучих вантажів, що вимагають захисту від атмосферних опадів.

Спеціальні – критий вагон вантажопідйомністю 23 т спеціально пристосований для перевезення зерна, але може служити для транспортування всієї номенклатури вантажів критих універсальних вагонів.

Спеціальні критий вагон побудований на базі критого універсального вагона вантажопідйомністю 23 т, але на відміну від нього додатково обладнаний чотирма завантажувальними люками в даху з герметичними кришками і вісьмома розвантажувальними люками бункерного типу (по чотири з кожної сторони) в підлозі. На даху є містки, а по торцях вагона - сходи. Розвантажувальні люки обладнані заслінками. На більшості підприємств криті вагони використовувалися і використовуються для

перевезення господарських вантажів, в якості службових, вагонів-побутівок і вагонів-крамниць.

Вагон-зчеп. Восьмивісний вагон-зчеп вантажопідйомністю 28 т призначений для перевезення сортименту і хлистів по лісовозних залізницях колії 750 мм. Вагон-зчеп складається з двох однакових чотиривісних півзчепів, з'єднаних між собою розсувною телескопічною вставкою, що дозволяє змінювати базу і загальну довжину зчепу (довжина встановлюється в залежності від довжини хлистів). Завдяки телескопічній вставці забезпечується вивезення лісу в хлистах довжиною від 8-24 м, конструктивна швидкість 50 км/год (рис. В.3, В.4)

Рисунок В.3 – Використання вагона-зчепа у промисловості

Основний несучий елемент півзчепа – хребтова балка коробчастого перетину, зварена у вигляді бруса рівного опору вигину з двох вертикальних листів товщиною 8 мм і двох горизонтальних листів товщиною 10 мм. До хребтової балки приварені дві шворневі балки коробчастого перетину, а в середині – поперечна балка, на яку спираються ковзуни металевого рамного коника. З одного боку хребтової балки встановлюється ударно-тяговий прилад, з іншого – пристрій для з'єднання з телескопічною вставкою. У центральній частині хребтової балки знаходиться опорно-поворотний пристрій, який призначений для передачі навантаження від коника на хребтову. Коник вагона-зчепа – рамної конструкції, складається з двох

поздовжніх, двох поперечних проміжних і двох кінцевих поперечних балок з вертикальними стойками. Усередині кінцевих поперечних балок рамного коника розміщений механізм автоматичного замикання стойок. Зверху стойки з'єднані ланцюгами. Для стабілізації становища рамного коника при русі вагона-зчепа в порожньому стані на хребтової балці розміщений фіксатор. Вагон-зчеп може бути двох різновидів: нетормозним і з автоматичним гальмом. Ходовою частиною півзчепу служать два двовісних візка штампо-зварної конструкції з ресорним комплектом, що складається з двох циліндричних пружин.

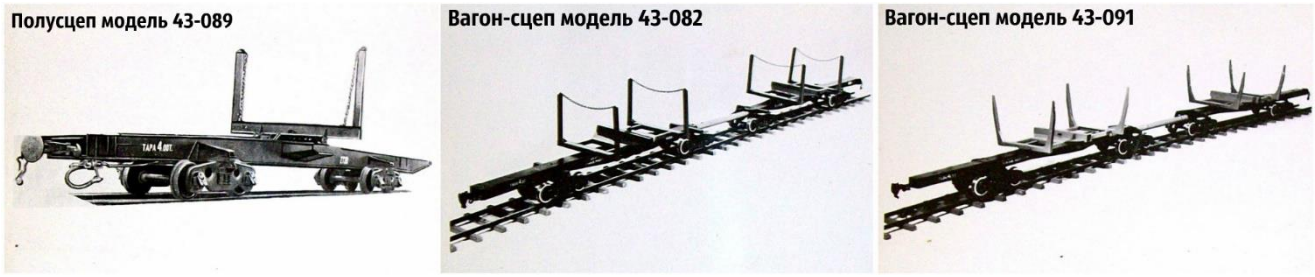


Рисунок В.4 – Вагони-зчепи

Вагон-зчеп для перевезення лісу в хлистах (моделі 41-0015 і 41-0016)

Вагон-зчеп з жорсткозварними поворотними кониками (моделі 41-0015 і 41-0016) призначений для перевезення лісу в хлистах довжиною від 8 до 24 м на залізницях колії 750 мм (рис. В.5).

Рисунок В.5 – Вагон-зчеп з хребтовою балкою моделі 41-0015 та 41-0016

Вагон-зчеп за кліматичними умовами виготовляється у виконанні У категорії 1 по ГОСТ 15150-69.

Вагон-зчеп складається з двох чотиривісних півзчепів, з'єднаних між собою розсувною телескопічною вставкою, яка їх зв’язує. Основний несучий елемент півзчепу – хребтова балка зварної конструкції, яка виконана зі швелерів № 24, перекритих зверху і знизу листами товщиною 8 мм.

До хребтової балки приварені дві шкворневі балки коробчастого перетину з листового прокату. З одного кінця хребтової балки передбачені упори і елементи для установки поглинаючого апарату і зчіпного приладу, з іншого - кронштейни для з'єднання півзчепів телескопічною вставкою.

У центральній частині хребтової балки півзчепів зверху встановлюється опорно-поворотний вантажонесучий пристрій (турнікет-коник), призначений для розміщення вантажу лісу, передачі навантаження на хребтову балку і компенсації зміни довжини бази вагона-зчепу при вписування в криві ділянки колії.

Підстава турнікета-коника – рамної конструкції, складається з опорної балки, двох бічних балок, двох поперечних балок, перекритих горизонтальними листами, двох кінцевих балок. На кінцевих балках встановлені стойки з ланцюговими стяжками.

Кожен турнікет-коник забезпечений замикаючим механізмом, що складається з двох опорних валів, щодо осі яких відбувається їх поворот, циліндрових опор, на які відбувається спирання валів коника в транспортному положенні, замикаючих гаків, тяг і рукояток приведення механізму в робоче і транспортне положення.

Телескопічна вставка складається з обойми і двох штанг. На обоймі змонтовані упори для запобігання випадання штанг з обойми при розсуненні. Телескопічна вставка дозволяє встановлювати відстань між турнікетами двох півзчепів рівним 9,5; 11,5 і 13,5 м.

Всі несучі елементи зчепів виготовляються з низьколегованої сталі марки 09Г2 за ГОСТ 19281-73 і ГОСТ 19282-73.

Зчепи моделі 41-0016 обладнуються автоматичним пневматичним гальмом, зчепи моделі 41-0015 – тільки гальмівні.

Кожен півзчеп обладнується типовим ударно-тяговим приладом вагонів вузької колії.

Ходовою частиною півзчепів є двовісні візки штампозварної конструкції на підшипниках ковзання або кочення (тип I по ОСТ 24.153.11-82).

Технічна характеристика моделі 41-0015 / 41-0016:

- ширина колії, мм – 750;
- вантажопідйомність, т – 28/27;
- маса вагона (тара), т – 8,2/9,1;
- довжина хлистів, які перевозяться, м – 8–24;
- база вагона-зчепу (в залежності від положення телескопічної вставки), мм – 9500; 11500; 13500; півзчепу, мм – 5700, візка, мм – 1150;
- довжина вагона по буферам (в залежності від положення телескопічної вставки), мм – 20900; 22900; 24900;
- ширина максимальна, мм – 2420;
- висота від головки рейки, мм: максимальна – 2350, до опорної поверхні коника, мм – 1134; до осі буфера, мм – 620;
- коефіцієнт тари – 0,311;
- навантаження від колісної пари на рейки, брутто, кН (тс) – 44,4 (4,52);
- навантаження на 1 пог. м колії, брутто, кН/м (тс/м) – 16,25 (1,73);
- швидкість конструкційна, км/год – 50;
- габарит по ГОСТ 9720-76 – Ту.

Вагон-зчеп для перевезення лісу в хлистах моделі 43-091

Вагон-зчеп з жорсткозварними поворотними кониками (моделі 43-091) призначений для перевезення лісу в хлистах довжиною від 8 до 24 м на залізницях колії 750 мм (рис. В.6).

Рисунок В.6 – Лісовозний зчеп 43-091

Технічна характеристика:

- ширина колії, мм – 750;
- вантажопідйомність, т – 28;
- маса вагона (тара) з автоматичним гальмом, т – 9,48;
- маса вагона (тара) з пролітних трубами, т – 8,85
- довжина хлистів, що перевозяться м – 10–24;
- довжина по буферам в залежності від положення телескопічної вставки, мм – 20895, 22895, 24895;
- ширина, максимальна, мм – 2432;
- висота від головки рейки до опорної поверхні коника, мм – 1100;
- візки штампозварної конструкції на підшипниках ковзання або кочення;
- зчіпний пристрій - ударно-тяговий прилад;
- габарит по ГОСТ 9720-61 – Ту.

Вагон-самоскид (думпкар) вантажопідйомністю 22 т (модель 47-641)

Чотиривісний вагон-самоскид (думпкар) вантажопідйомністю 22 т (модель 47-641) призначений для перевезення руди і розкривних порід з розвантаженням в прийомні бункера або в відвали на залізницях колії 750 мм (рис. В.7).

Рисунок В.7 – Вагон-самоскид 47-641

Конструкція розрахована на навантаження окремих брил масою до 2 т на попередню підсипку з дрібних фракцій вантажу. За кліматичними умовами виготовляється у виконанні У по ГОСТ 15150-69.

Думпкар є суцільнометалевий саморозвантажний вагон зварної конструкції, що складається з нижньої рами, кузова, що нахиляється, розвантажувальних пристроїв і ходової частини, автогальмового і зчіпного обладнання.

Нижня рама має хребтову балку, що виготовлюється з двох двотаврів № 36, розташованих на відстані 300 мм один від одного, перекритих листами товщиною 6 мм, дві шворневі балки, дві кінцеві балки і дві середні поперечні (циліндрові) балки.

Кузов складається з верхньої рами, двох відкидних поздовжніх бортів і двох торцевих стінок.

Верхня рама кузова – суцільнометалева, звареної конструкції, складається з центральних і бічних поздовжніх, шкворневих і циліндрових поперечних балок.

Центральні поздовжні балки виготовлені з двох гнутих зет-образних профілів, а бічні – зі швелера № 14, шворневі балки коробчастого перетину виконані зі швелера № 14, циліндрові балки також коробчастого перетину з вертикальних ребер товщиною 6 мм. Рама перекрита зверху сталевим листом товщиною 10 мм.

Поздовжній зварний борт має верхній профільний елемент з гнутого профілю по ГОСТ 14635-79. Нижній пояс виконаний зі швелера № 14, вертикального коритоподібного штампування і внутрішнього листа обшивки

товщиною 6 мм. На нижньому поясі встановлюються литі кронштейни для шарнірного з'єднання борту з бічної балкою верхньої рами.

Вивантаження проводиться нахилом кузова на кут 45° за допомогою пневматичних циліндрів (по одному з кожного боку), які приводяться в дію стисненим повітрям, що поступає безпосередньо від локомотива або стаціонарної компресорної установки. При нахилі кузова борт відкидається в сторону розвантаження і служить продовженням підлоги.

Механізм відкривання борта – важільного типу. У поїзне положення після вивантаження кузов встановлюється під дією власної ваги.

Думпкар обладнується пневматичним автоматичним гальмом, а також ручним гальмом стоянки. Вагони мають типові радіально-поворотні самоцентрувальні ударно-тягові прилади з одним центральним буфером. Ходовою частиною вагона служать два двовісних візка типу II по ОСТ 24.153.11-82 колії 750 мм, з центральним комбінованим ресорним підвішуванням з колісними парами типу У з роликовими підшипниками.

Технічна характеристика:

- вантажопідйомність, т – 22;
- об’єм кузова, $м^3$ – 10;
- маса (тара), т – 11;
- база вагона, мм – 6000; візка, мм – 1300;
- довжина по буферам, мм – 9340; нижньої рами, мм – 8400;
- ширина вагона, максимальна, мм – 2134;
- розміри кузова всередині: довжина вгорі, мм – 7894; довжина внизу, мм – 7710; ширина вгорі, мм – 1700; висота, мм – 700;
- висота від рівня головок рейок, максимальна, мм – 1866; до рівня підлоги, мм – 1166; до осі зчепок, мм – 620;
- кут нахилу кузова при розвантаженні, град – 45;
- кількість розвантажувальних циліндрів – 2;
- коефіцієнт тари – 0,5;
- навантаження від колісної пари на рейки, брутто, кН (тс) – 80,4 (8,2);

- навантаження на 1 пог. м шляху, брутто кН/м (тс / м) – 34,59 (3,53);
- мінімальний радіус вписування, м – 50;
- швидкість конструкційна, км/год – 50;
- розмір по ГОСТ 9720-76 – Ту.

Піввагон-хопер (моделі 42-074 і 42-075)

Піввагон-хопер (хопер-дозатор) призначений для перевезення, механізованого завантаження і вивантаження сипучого матеріалу (баласту) при ремонті і будівництві залізниць колії 750 мм (рис. В.8). Хопер-дозатор DVZFd2781 виробництва Швейцарія зображений на рис. В.9.

а)

б)

Рисунок В.8 – Піввагон-хопер:
а - піввагон-хопер 42-074; б - піввагон-хопер 42-075

Рисунок В.9 – Хопер-дозатор DVZFd2781 (Швейцарія)

Піввагон-хопер має суцільнометалевий кузов звареної конструкції, встановлений на несучій суцільнозварний рамі з дозуючим пристроєм і бічними розвантажувальними люками, ходові частини і гальмівне обладнання.

Піввагон-хопер моделі 42-075 має автоматичні гальма і ручне стоянкове гальмо гальма, піввагон-хопер моделі 42-074 випускається з пролітної трубою і ручним гальмом стоянки.

Бічна стіна кузова являє собою гладку панель зі сталевого листа 3320х1360 мм товщиною 5 мм, підкріпленого п'ятьма вертикальними стойками зі швелера № 8, рівномірно розташованими по довжині бічної стіни. У верхній частині стойки і лист обшивки бокової стіни з'єднуються з верхньою обв'язкою, виконаної зі швелера № 8. На верхній обв'язці встановлені кронштейни для посилення знімної решітки. У нижній частині бічна стіна з'єднується з поздовжніми балками рами.

Торцева стіна виконана з двох панелей. Верхня панель має нахил під кутом 45° до горизонту, нижня панель встановлюється вертикально. Верхня панель виконана з листа 2070х880 мм товщиною 5 мм, підкріпленого по його ширині чотирма стойками зі швелера № 8. Стойки у верхній частині з'єднуються з обв'язкою, виконаної з куточка 63х40 мм, в нижній частині два розсікача вантажу з листів, зварених під кутом 90°. На бічних балках дозатора і розсікача встановлені роликові кронштейни, які взаємодіють з кришками люків.

Привід дозуючої системи піввагона-хопера складається зі штурвалу, пов'язаного через редуктор і вал з дозатором. Переміщення дозатора вгору-вниз щодо головок рейок дозволяє виробляти необхідне дозування баласту.

Зверху на кузові піввагона-хопера передбачена установка знімної решітки для просіювання баласту.

На рамі кузова з двох сторін є майданчики для обслуговуючого персоналу, які обладнані настилом підлоги, огорожами, ящиком для інструменту. На одному з майданчиків розташовані рукоятки механізму блокування люків і штурвал приводу підйому і опускання дозатора.

Піввагон-хопер моделі 42-074 має один негальмівний і другий гальмівний візки з приводом від ручного гальма. Піввагон-хопер моделі 42-075 має обидва гальмівних візка і обладнаний автоматичним пневматичним гальмом з розподільником повітря 466М по ТУ 24.05.490-81.

Візки – типові двовісні, з штампозварними бічними рамами з колісними парами на підшипниках кочення типу 1 по ОСТ 24.153.11-82.

Технічна характеристика моделі 42-074 / 42-075:

- вантажопідйомність, т – 12,3 / 12,0;
- об’єм кузова, $м^3$ – 6,8;
- маса вагона (тара), т – 5,7 / 6,0;
- база вагона, мм – 4400; візка, мм – 1150;
- довжина вагона по буферам, мм – 7500;
- ширина, максимальна, мм – 2290
- висота від рівня головок рейок до осі ударно-тягового приладу, мм – 620; максимальна, мм – 2200;
- коефіцієнт тари – 0,46 / 0,50;
- питома об’єм, $м^3/т$ – 0,55 / 0,56
- навантаження від колісної пари на рейки, брутто, кН (тс) – 44,1 (4,5);
- навантаження на 1 пог. м колії, брутто, кН/м (тс/м) – 23,52 (2,4);
- швидкість конструкційна при розвантаженні, км/год – 4; з вантажем і порожняком, км/год – 50;

- габарит по ГОСТ 9720-76 – Ту.

Вагон-платформа вантажопідйомністю 23 т (модель 43-092)

Чотиривісний вагон-платформа вантажопідйомністю 23 т (модель 43-092) призначений для перевезення лісу, навалювальних і штучних вантажів широкої номенклатури, які не потребують захисту від атмосферних опадів, по залізницях колії 750 мм (рис. В.10). За кліматичними умовами вагон будується у виконанні У по ГОСТ 15150-69.

Рисунок В.10 – Вагон-платформа 43-092

Основними вузлами вагона-платформи є рама з настилом підлоги і бортами, ударно-тягові прилади, візки і гальмівне обладнання.

Рама платформи являє собою зварену конструкцію, що складається з хребтової балки, двох бічних, двох шкворневих, двох кінцевих і п'яти проміжних балок (рис. В.11).

Рисунок В.11 – Рама платформи 43-092

Основні несучі елементи рами виконані зі сталі марки 09Г2 за ГОСТ 19281-73 і ГОСТ 19282-73.

Хребтова балка рами виготовлена з двох двотаврів № 27, посилених по всій довжині верхніми і нижніми листами товщиною 5 мм, бічні балки – зі швелерів № 27. шкворневі балки мають коробчастий перетин, утворений з верхнього поясу і вертикальних стінок, виготовлених з листа товщиною 8 мм , і нижнього поясу – з листа товщиною 10 мм. Проміжні поперечні і кінцеві балки звареної конструкції з листового матеріалу товщиною 5 мм.

З метою підвищення міцності з'єднання проміжних балок з хребтової їх верхні і нижні полиці виконані нерозрізними.

Настил підлоги з дошок товщиною 50 мм з армуванням з металевого куточка по периметру.

У середній частині дошки підлоги кріпляться болтами і скобами до хребтової балки. Для кращого кріплення дошок підлоги до рами в проміжках між поперечними елементами встановлені планки (компенсатори) зі смуги Б-16х50 по ГОСТ 103-76 зі сталі марки ВСтЗ.

Бокові та торцеві борти платформи – суцільнометалеві з гнутого профілю № 18 по ГОСТ 14635-79. Бічні борти складаються з трьох секцій і відкидаються вниз, торцеві - всередину, на підлогу платформи.

Запори бортів клинові, ідентичні запорам бортів вагонів-платформ колії 1520 мм. На бічних балках рами є скоби для установки лісових стойок і ув'язувальні кільця.

Вагон-платформа обладнаний типовими ударно-тяговими приладами вагонів вузької колії – ланцюговою стяжкою з центральним буфером, автоматичним пневматичним гальмом з розподільником повітря № 466. Частина платформ обладнується ручним гальмом.

Ходовою частиною вагона служать типові двовісні візки колії 750 мм (тип II по ОСТ 24.153.11-82) з литими бічними рамами і шворневою балкою з центральним ресорним підвішуванням і колісними парами з буксами на підшипниках кочення.

Технічна характеристика:

- вантажопідйомність, т – 23,0;
- маса (тара) вагона, т – 7,6;
- площа підлоги, $м^2$ – 20,7;
- база платформи, мм – 6900; візка, мм – 1300
- довжина по буферам, мм – 10600; по кінцевим балкам рами. мм – 9700;
- ширина максимальна, мм – 2454; по рамі, мм – 2230;
- висота бортів, мм – 500;
- висота від рівня головок рейок, максимальна, мм – 1320; до рівня настилу підлоги, мм – 820; до осі зчепок, мм – 620;
- коефіцієнт тари – 0,33;
- питома площа, $м^2/т$ – 0,90;
- навантаження від колісної пари на рейки, брутто, кН (тс) – 75 (7,65);
- навантаження на 1 пог. м колії, брутто, кН/м (тс/м) – 28,3 (2,88);
- швидкість конструкційна, км/год – 60;
- габарит по ГОСТ 9720-76 (з закритими бортами) – Ту.

Піввагон для торфу колії 750 мм ТСВ-6 (моделі 42-077, 42-078, 42-079)

Чотиривісний вагон (моделі 42-077, 42-078 і 42-079) призначений для перевезення торфу по залізницях колії 750 мм (рис. В.12).

Вагон може випускатися без автоматичного гальма з гальмівною пролітною трубою на підшипниках ковзання (модель 42-077), з автоматичним пневматичним гальмом на підшипниках ковзання (модель 42-078) або з автоматичним і ручним гальмами і з гальмівним майданчиком на підшипниках кочення (модель 49-079).

Вагон саморозвантажний, має кузов суцільнометалевий звареної конструкції з сідлоподібною підлогою і двостороннім розвантаженням через бічні люки.

Основні несучі елементи вагона виконані з низьколегованої сталі марки 09Г2 за ГОСТ 19281-73 і ГОСТ 19282-73.

Металоконструкція кузова виготовлена з набору прокатних і штампованих профілів, обшитого листом товщиною 2,5 мм (бічні стіни) і 2 мм (торцеві стіни). Кузов розділений по довжині на дві секції, підлога двоскатна, сідлоподібний, з кутом нахилу до горизонталі 60 °.

Рисунок В.12 – Піввагон для торфу

Металеві кришки розвантажувальних люків (по дві з кожної сторони) штампозварної конструкції, шарнірно підвішені до рами вагона. При

розвантаженні вони відкриваються вниз і служать продовженням двосхилої підлоги.

Рама (рис. В.13) без хребтової балки в середній частині складається з двох бічних балок (здвоєний зетовий профіль № 10); двох кінцевих (буферних) балок зі швелера № 20; двох шкворневих балок замкнутого перетину, який складається з двох вертикальних листів, перекритих верхнім і нижнім листами; двох поперечних проміжних балок (швелер № 10); однієї поперечної середньої балки (два швелера № 10, перекритих зверху і знизу листами товщиною 5 мм).

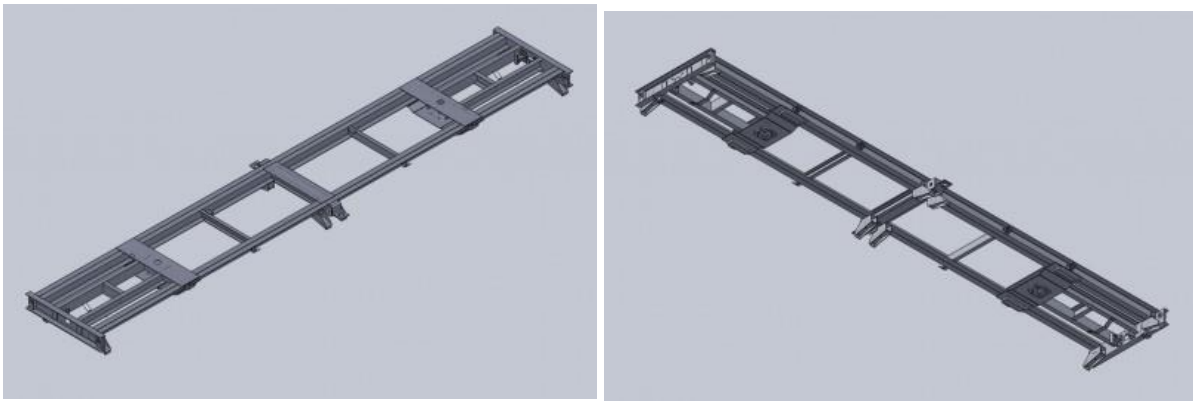


Рисунок В.13 – Рама піввагону 3D модель

Товщина настилу підлоги 2,5 мм.

Розвантаження вагона здійснюється по обидва боки залізничної колії з однієї або двох секцій кузова одночасно. Відкривання кришок люків проводиться за допомогою важільного механізму. Привід управління розвантаженням розташовується на торцевій стіні. Закривання кришок люків проводиться від зовнішнього впливу при в'їзді вагона на апарелі.

Вагон обладнаний стандартними ударно-зчіпними приладами вагонів вузької колії.

Ходовою частиною вагона служать типові двовісні візки штампозварної конструкції з центральним ресорним підвішуванням.

Технічна характеристика моделі 42-077 / 42-078 / 42-079:

- вантажопідйомність, т – 12,6 / 12,5 / 12,2;
- маса вагона (тара), т – 5,4 / 5,5 / 5.8;

- коефіцієнт тари – 0,43 / 0,44 / 0.48;
- об’єм кузова, $м^3$ – 27/27 / 24,5;
- база вагона, мм – 4500; візка, мм – 1150;
- довжина по буферам, мм – 8260; по рамі, мм – 7500;
- ширина, максимальна, мм – 2500;
- висота від головки рейки до верхньої обв'язки, мм – 2620; до осі зчеплення, мм – 620;
- кількість розвантажувальних люків, шт. – 4;
- розміри розвантажувальних люків у світлі, мм – 3600х900;
- навантаження від колісної пари на рейки, брутто, кН (тс) – 44,1 (4,5);
- навантаження на 1 пог. м колії, брутто, кН/м (тс/м) – 21,36 (2,18);
- швидкість конструкційна, км/год – 40;
- габарит по ГОСТ 9720-76 – Ту.

Піввагон для торфу моделі А42-10 з розвантаженням на вагоноперекидачі. Вагон (рис. В.14) призначений для перевезення кускового і фрезерного торфу по залізницях з шириною колії 750 мм і розвантаження його на естакадах, в бункера і інші підрейкові пристрої, що забезпечують можливість одночасного приймання половини всього торфу, що знаходиться в вагоні.

Рисунок В.14 – Піввагон А42-10

Піввагон ТСВ-6А (рис. 2.15) являє собою чотиривісний суцільнометалевий вагон з бічним двостороннім розвантаженням. Кузов вагона має: двосхиле нерухоме днище, що змонтоване на його хребтової

балці і утворює несучий хребтовий брус вагона; чотири бічні кришки люків, шарнірно підвішені на рамі; вбудовані в хребтовий брус лобові і розділові стінки. Колісні пари на роликових підшипниках.

Рисунок В.15 – Піввагон ТСВ-6А та його елементи

Технічна характеристика:

- вантажопідйомність, т – 12,8;
- маса тари, т – 5,2;
- коефіцієнт тари (питома матеріалоємність) – 30;
- об’єм кузова, $м^3$ – 44,1;
- база вагона, мм – 4500;
- конструкційна швидкість, км/год – до 50;
- довжина вагона, мм – по рамі, 7500; по буферам, 8260
- ширина кузова зовнішня, мм – 2500

- висота від головки рельса, мм: до верха кузова – 2620; до осі буфера – 620.

Аналіз конструкцій візків вузької колії СНД

Конструкція зв'язку колісної пари з рамою візка істотне впливає на величини горизонтальних поперечних сил і виляння колісних пар.

За конструкцією рами розрізняють візки з одною жорсткою штампозварною рамою і з двома литими бічними рамами, що нежорстко пов'язані між собою.

До параметрів, які характеризують техніко-економічні показники візків, відносяться:

- власна вага;
- база (відстань між центрами крайніх осей у двох – і тривісних візків і між серединами ресорних комплектів зчленованих візків для чотиривісних),
- тип і параметри ресорного підвішування,
- відстань від рівня головок рейок до опорного вузла візка,
- ресорна база,
- тип гальма
- конструкційна швидкість.

Важливе значення, з точки зору придатності вагона для експлуатації, мають його ходові якості, які визначаються конструкцією візків і параметрами ресорного підвішування.. Ходові якості вагона характеризуються стійкістю його проти сходу з рейок, плавністю вписування в криві ділянки шляху, величиною вертикальних і горизонтальних динамічних сил, і прискорень, а також показником плавності ходу.

Для того, щоб візки забезпечували необхідні ходові якості вагону, вони повинні мати раціональну конструктивну схему і оптимальне значення параметрів ресорного підвішування. В опорах кузова на візки має бути

достатня сила тертя, необхідна для гасіння коливань, виляння і обмеження повороту візка відносно кузова.

Візок з поясними боковинами колії 750 мм. Найпоширенішими візками для вантажних вагонів узької колії є поясні візки (рис. В.16 – В.21)

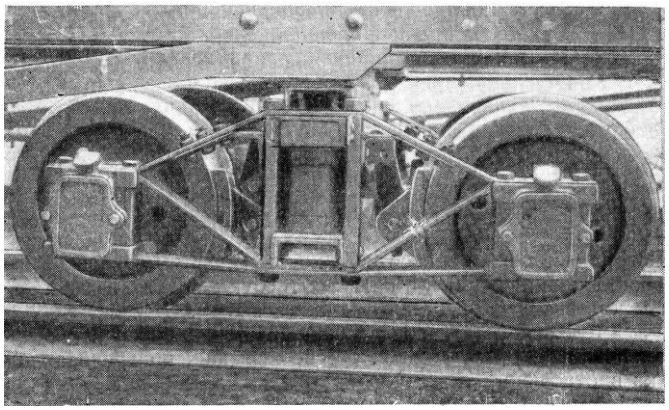


Рисунок В.16 – Візок комбінований Балтійського типу

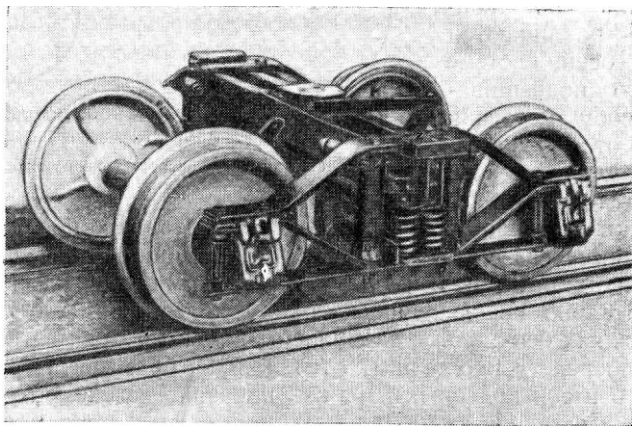


Рисунок В.17 – Візок Усть-Катавского заводу (підйомною силою 8,2 т)

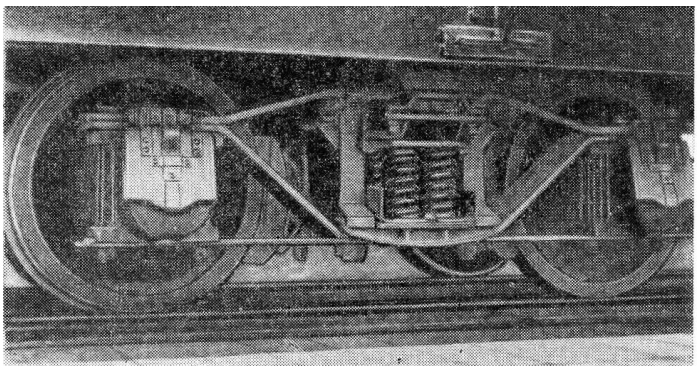


Рисунок В.18 – Візок Алтайського заводу (підйомною силою 16,5 т)

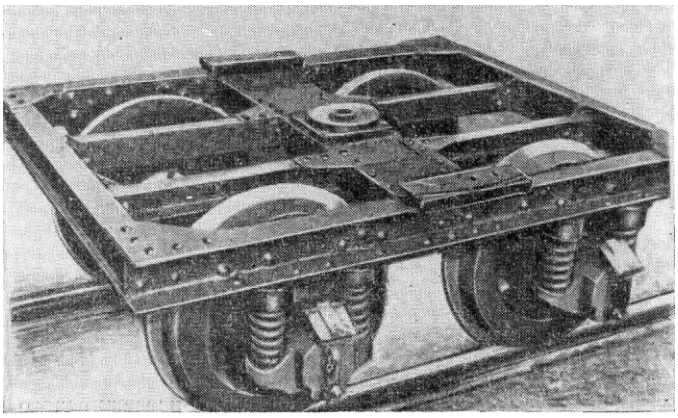


Рисунок В.19 – Клепаний візок Коломенського типу

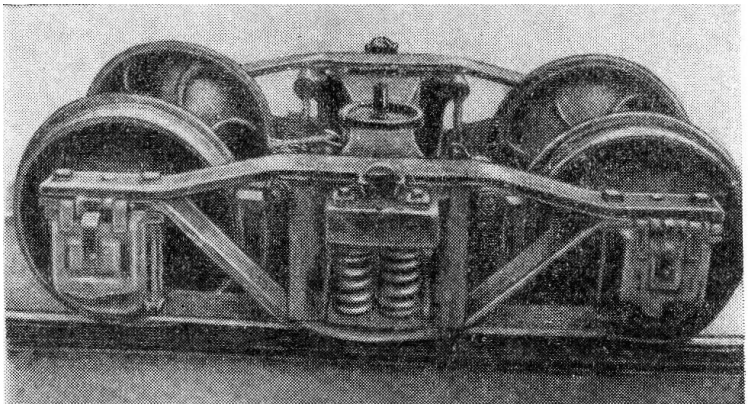


Рисунок В.20 – Поясний візок з литою надресорною балкою з підйомною силою 16,5 т Усть-Катавського заводу

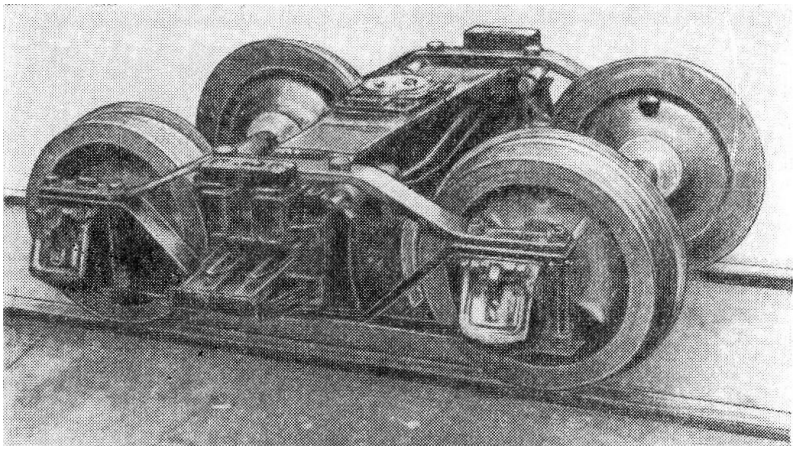


Рисунок В.21 – Візок поясний для вантажо-пасажирського вагону побудови Ваймар та Амендорф з еліптичними ресорами

Візки (рис. В.22-В.23), складаються з двох збірних боковин, надресорної балки, поперечного зв'язку, двох ресорних комплектів

(циліндричних пружин або еліптичних ресор), двох колісних пар 7 з буксами на підшипниках ковзання 6 і гальмової важільної передачі.

Кожна боковина такого візка складається з трьох окремих поясів - верхнього 1, середнього 2 і нижнього 3, з'єднаних в середній частині двома розпірні сталевими литими колонками 4, через які проходять болти 5, що стягують усі три пояси. Колонки служать також напрямними для надресорної балки 9 при вертикальному її переміщенні і мають відлиті кронштейни, до яких прикріплені підвіски гальмових башмаків важеля передачі. Між колонками поперек візки розташована підресорена балка 8, яка пов'язує боковини візка. По кінцях підресореної балки встановлено по комплекту ресор 11, на які спирається надресорна балка. На надресорної балці встановлено підп’ятник зі шворнем 10.

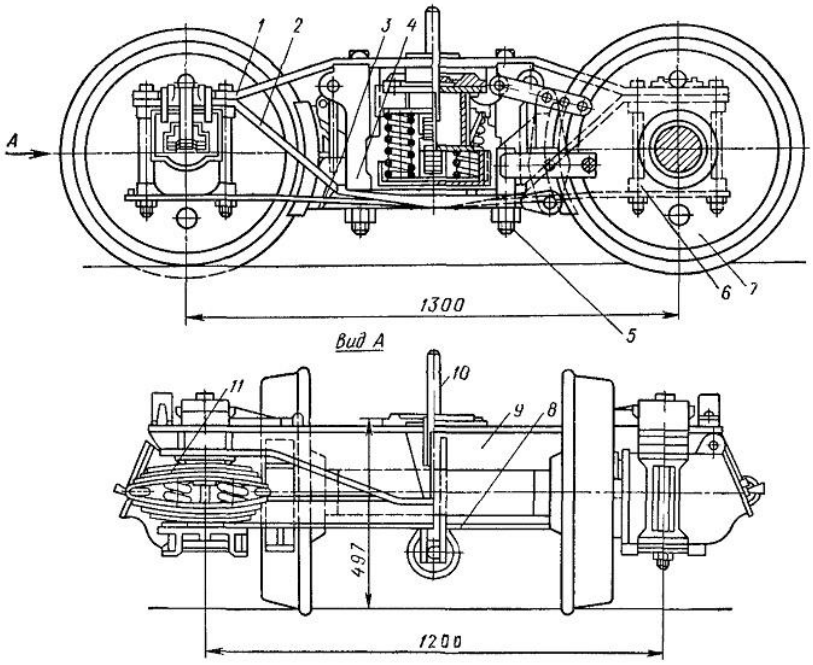


Рисунок В.22 – Візок з поясними боковинами колії 750 мм

Ресорний комплект складається з чотирьох пружин і еліптичної ресори (комбінований ресорний комплект).

Параметри пружин наступні:

Діаметр витка, мм – 19;

Діаметр пружини середній, мм –75;

Число витків – 7,5;

Статичний прогин, мм –19,5.

Еліптична ресора складається з восьми наборних листів перетином 76 х 10 мм. Жорсткість ресори 1436 кгс/см; жорсткість ресорного комплекту 3412 кгс/см.

Рисунок В.23 – Візок з поясними боковинами колії 750 мм

Надресорна балка поясного візка звареної чи литої конструкції. Кожна надресорна балка має в середній частині підп’ятник. На рівній відстані від підп’ятника по обидва боки на балці встановлено ковзуни. Між ковзунами нижньої рами вагона і візка обов'язково повинен бути зазор від 2 до 12 мм для кращого вписування вагона в криві ділянки колії.

Букси укріплені буксовими болтами, що проходять через верхній, середній і нижній пояси і через відповідні припливи (вушка) в корпусі букси.

Візок з литими бічними рамами колії 750 мм.

При експлуатації візків з поясними боковинами відбуваються такі небажані явища: виникнення тріщин в поясах боковин; ослаблення болтів колонок і букс і втрата гайок, що призводять до зламів поясів в місцях вигинів (нижньому і верхньому); розробка отворів для болтів; вироблення і обриви болтів колонок і букс; злами надресорних балок; тріщини і злами в поперечних зв'язках.

У зв'язку з цим Алтайським вагонобудівним заводом була розроблена конструкція візка (рис. В.24, В.25) з литими бічними рамами і литою надресорною балкою для вагонів колії 750 мм з навантаженням від осі на

рейки 73 кН (7500 кгс). Такими візками обладнані нові вагони-самоскиди УВС-22 колії 750 мм вантажопідйомністю 22 т (рис. В.26).

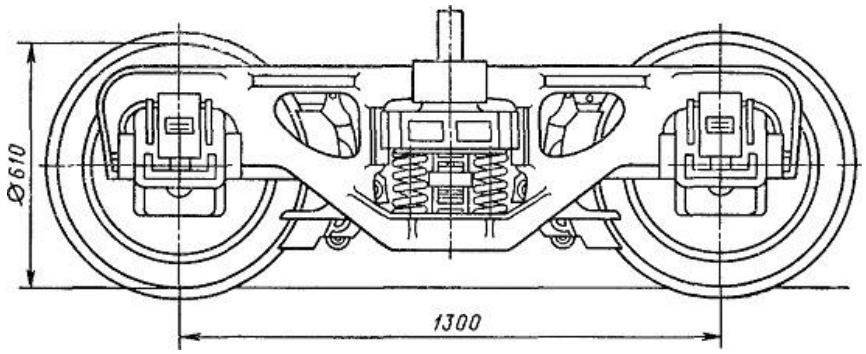


Рисунок В.24 – Схема візка з литими боковинами колії 750 мм

Рисунок В.25 – Візок з литими боковинами колії 750 мм

Рисунок В.26 – Вагон-самоскид УВС-22

Бокова рама візка (рис. В.27, В.28) виконана у вигляді однієї виливки. У середній частині бічної рами є отвір 3 для ресорного комплекту, а по кінцях – отвори для букс. З внутрішньої сторони кожної бічної рами

розміщені полки 4, які служать опорою для наконечників тріангеля в разі обриву підвісок, за допомогою яких тріангелі підвішені до бічних рам. Буксові отвори у верхній частині мають припливи, якими рама спирається на букси, а з боків – бічні щелепи 1. Збоку є кронштейни 5 для кріплення підвісок гальмових башмаків. Середній отвір з боків має направляючі, а внизу піддон для установки ресорного комплекту. Перетин похилих поясів і колонок бічної рами мають коритоподібну форму. Балки з таким профілем добре піддаються вигину і крученню.

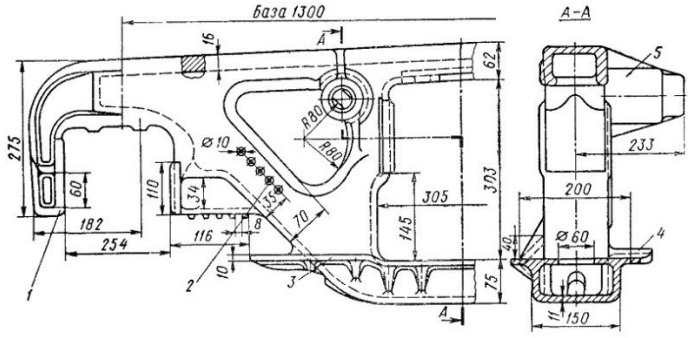


Рисунок В.27 – Бокова рама візка колії 750 мм

Рисунок В.28 – Бокова рама візка колії 750 мм

На нижньому похилому поясі розташовані п'ять шишок 2, які служать для підбору бокових рам при зварюванні візків. У візку повинні бути бічні рами одного номера, щоб відстані між центрами шийок осей колісних пар з двох боків візка мали найменшу різницю розмірів і осі в плані розташовувалися паралельно. Такий стан осей колісних пар знижує опір руху і виключає постійне набігання однієї з колісних пар гребенем колеса на рейку, що має місце при непаралельному положенні колісних пар у візку. На

кожній бічній рамі відлиті марка заводу, номер плавки, рік виливки або клеймо приймання.

Надресорна балка литого візки колії 750 мм (рис. В.29) виконана у вигляді цілої виливки разом з підп'ятником 1 і опорами 2 для ковзунів. По кінцях надресорна балка має виступи 3 для її установки на бічній балці. У середній частині надресорної балки є ребра жорсткості і піддон для опори шворня візка. Надресорну балку відливають, так само як і бічну раму, з мартенівської сталі або електросталі з вмістом вуглецю не більше 0,27% (якщо вуглецю понад 0,27%, то на бічній рамі відливають букву С). Ресорний комплект візка комбінований; він аналогічний ресорному комплекту поясного візка. Колісна пара візка має букси на підшипниках ковзання. Діаметр колеса дорівнює 610 мм. Ось колісної пари п'ятого типу. Діаметр шийки осі дорівнює 100 мм.

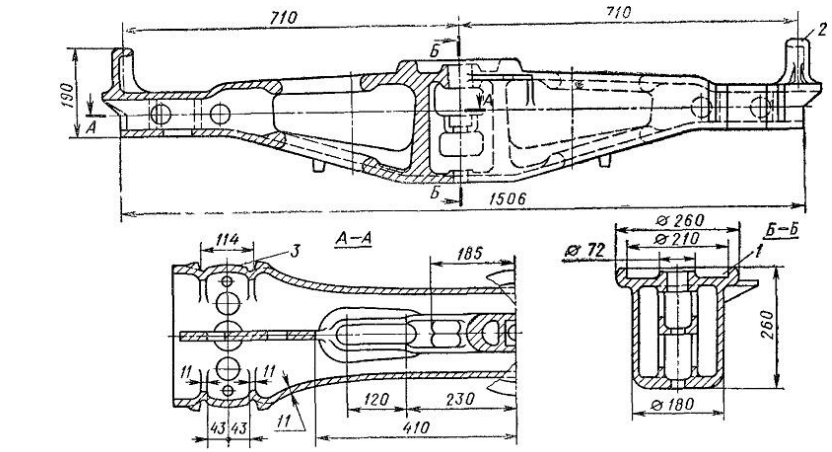


Рисунок В.29 – Надресорна балка візка колії 750 мм

Маси (в кг) вузлів литий візка вагона-самоскида колії 750 мм такі:
Надресорна балка – 155,5

Боковина – 137,5

Ресорний комплект – 21,25

Ось – 125

Візок в зборі – 1870.

На рисунку В.30 представлено двовісний візок з штампо-зварними боковинами для вузькоколійних залізниць.

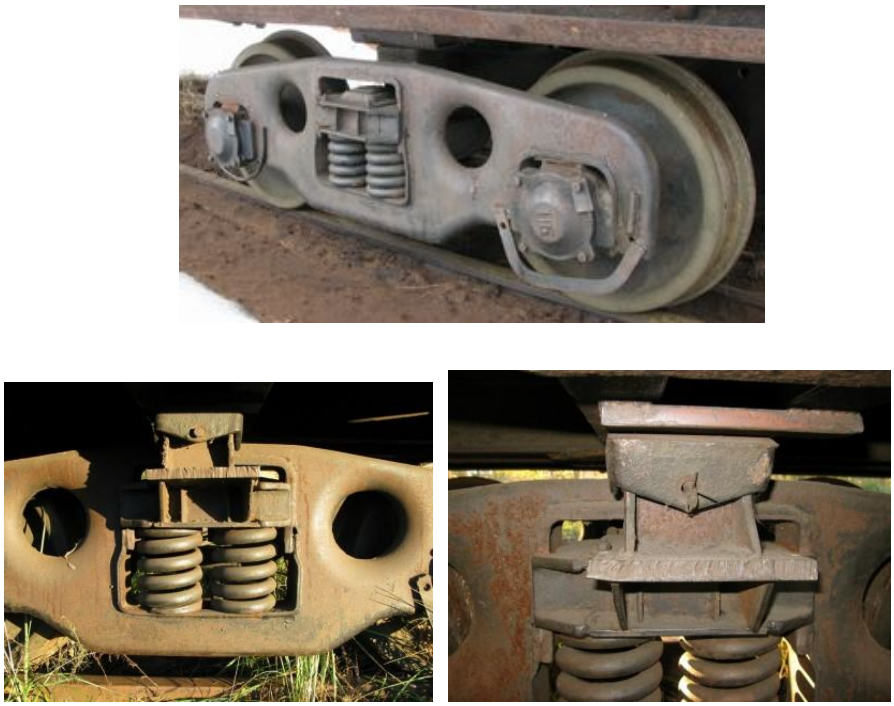


Рисунок В.30 – Візок з штампо-зварними боковинами

При виконанні аналізу існуючих конструкцій вантажних вагонів вузькоколійних залізниць частково застосовано матеріали науково-технічного звіту «Розробка інноваційних конструкцій вантажних вагонів для гірських залізниць з урахуванням новітніх матеріалів та застосування сучасних технологій зварювання» (№ держреєстрації 0116U003751), по якому автор є виконавцем та автором звіту.

Таким чином, розглянуто основні конструктивні рішення вантажного рухомого складу та двовісних візків для вузькоколійних залізниць. В результаті аналізу отримано висновок, що існуючі конструкції потребують удосконалення та застосування сучасних технічних рішень з урахуванням перспективних умов експлуатації.

Додаток Г

Технічні рішення запропонованих конструкцій пасажирських вагонів для вузькоколійних залізниць

Рисунок Г.1 Загальний вигляд сформованого туристичного потягу вузької колії

Рисунок Г.2. Зовнішній вигляд вагону та можливий варіант його оздоблення

Рисунок Г.3 Інтер’єр вагону першого класу

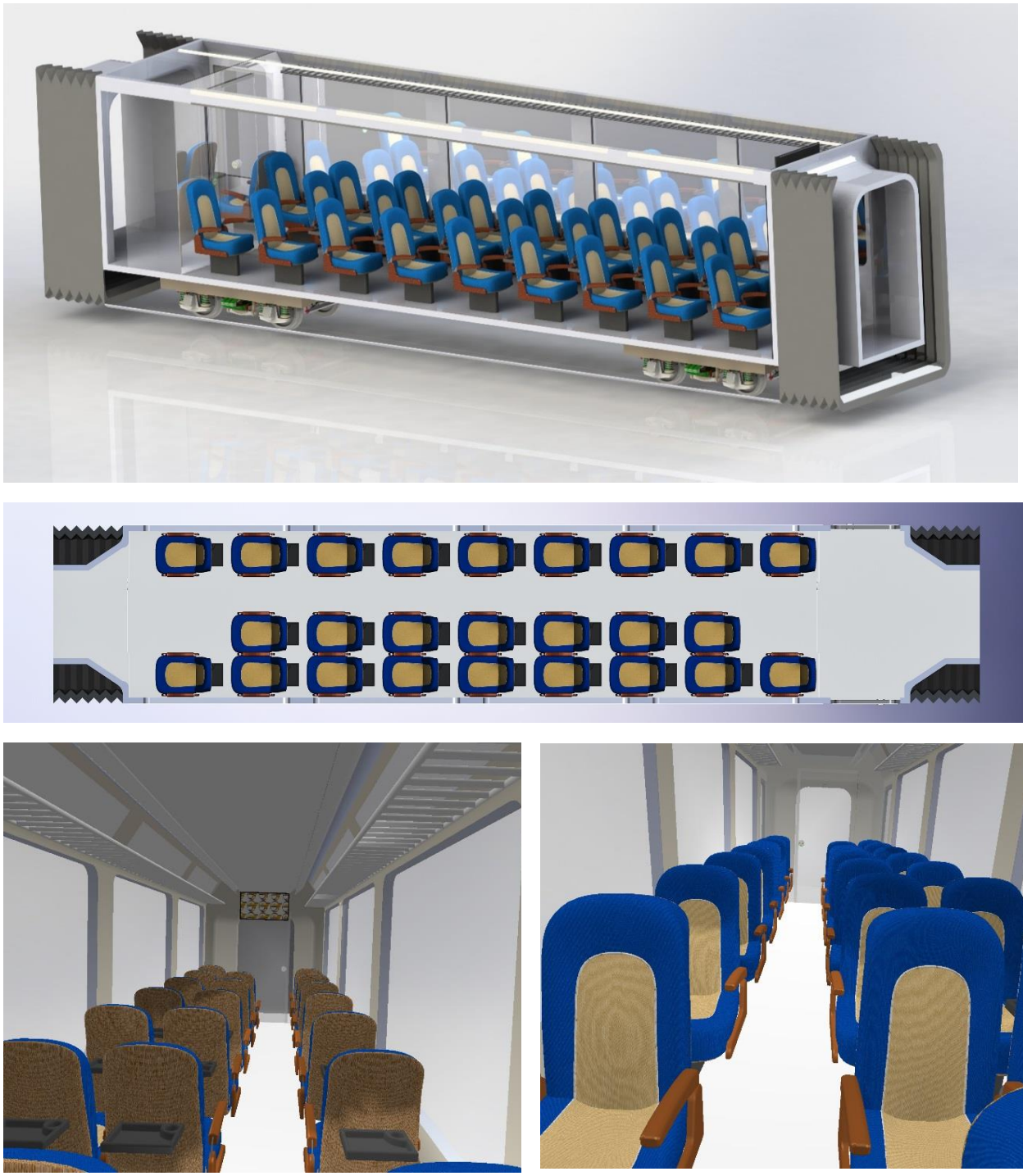


Рисунок Г.4 Інтер’єр вагону другого класу

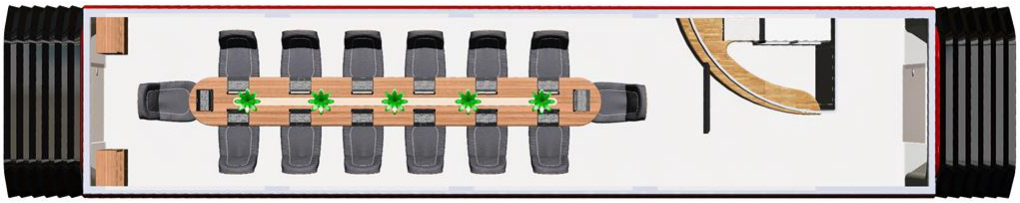
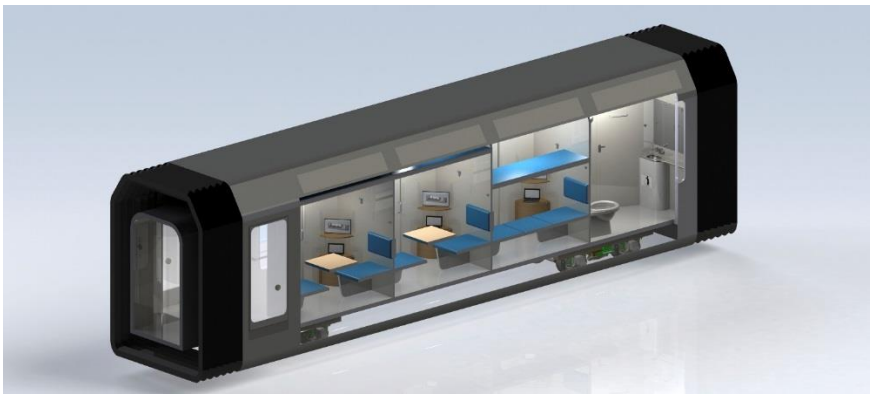
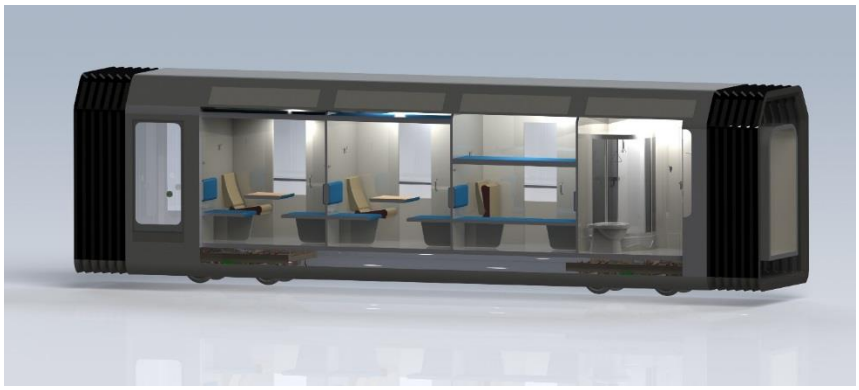


Рисунок Г.5 Інтер’єр вагону-салону





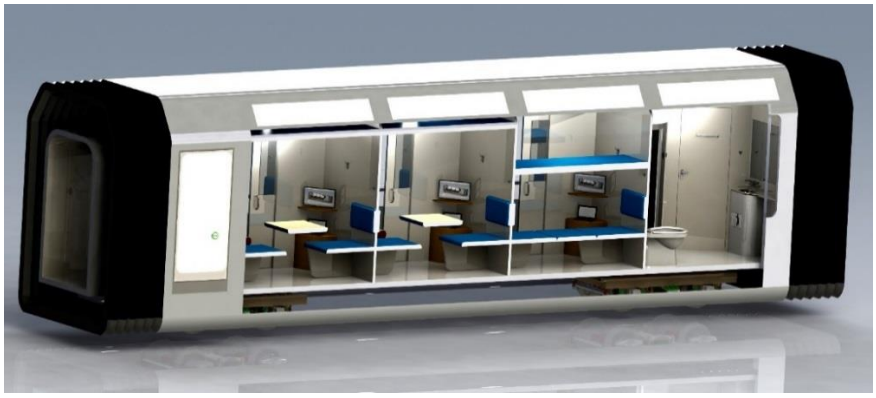
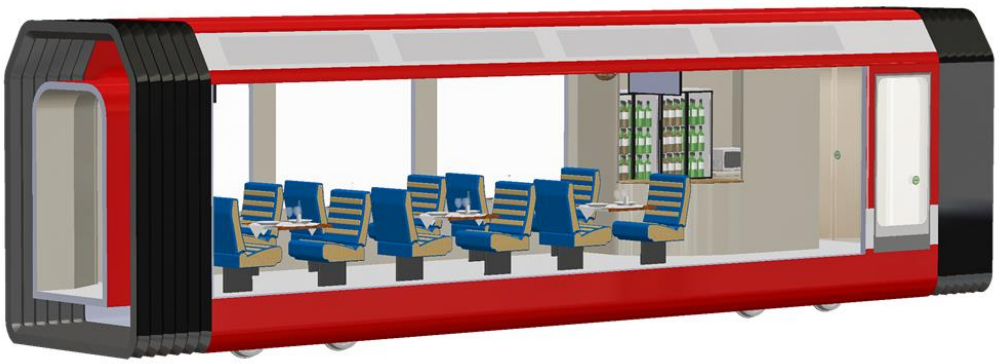
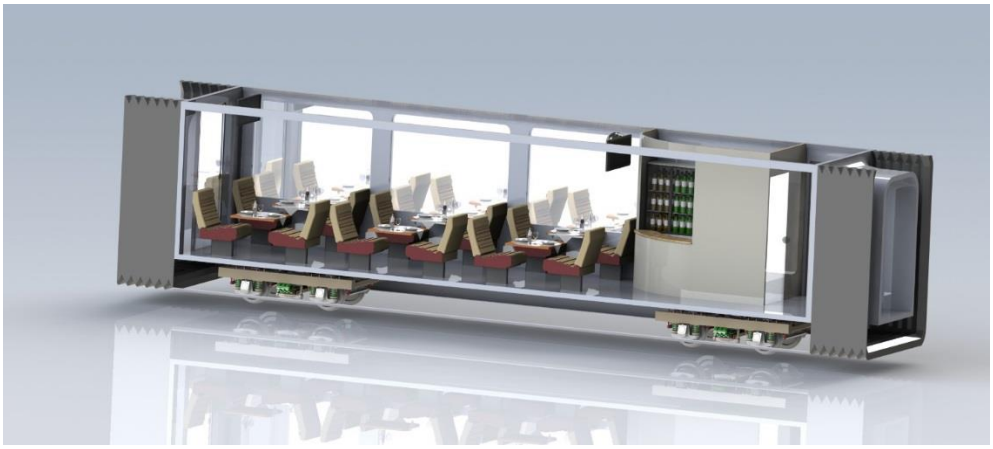


Рисунок Г.6 Інтер’єр купейного вагону





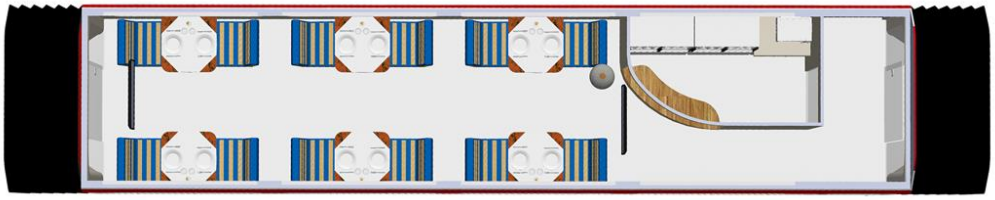
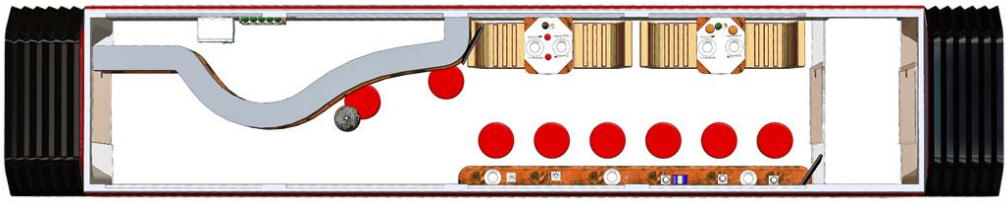
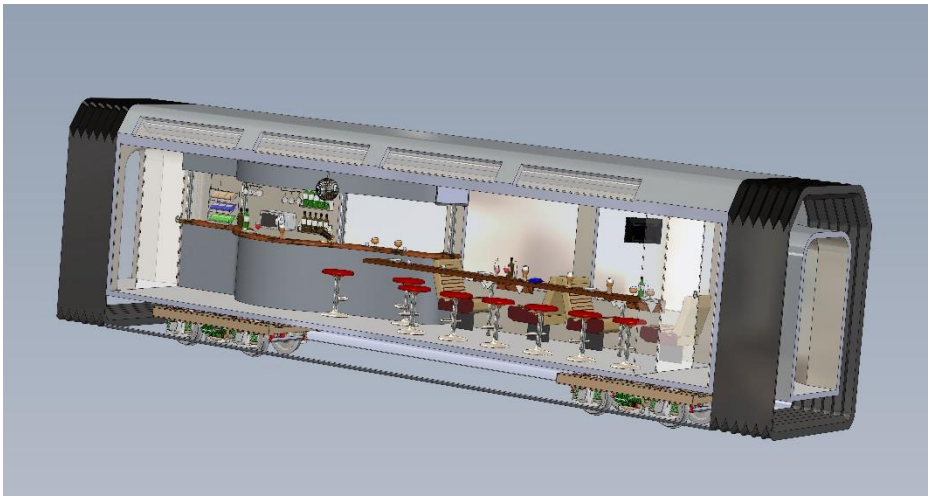


Рисунок Г.7 Інтер’єр вагону-ресторану





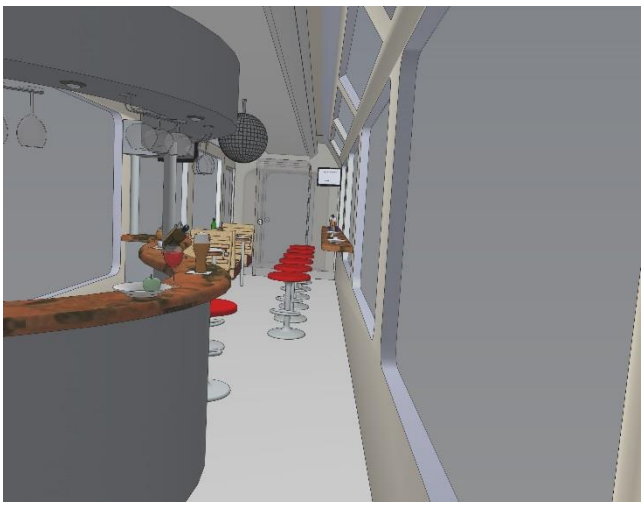


Рисунок Г.8 Інтер’єр вагону-буфету

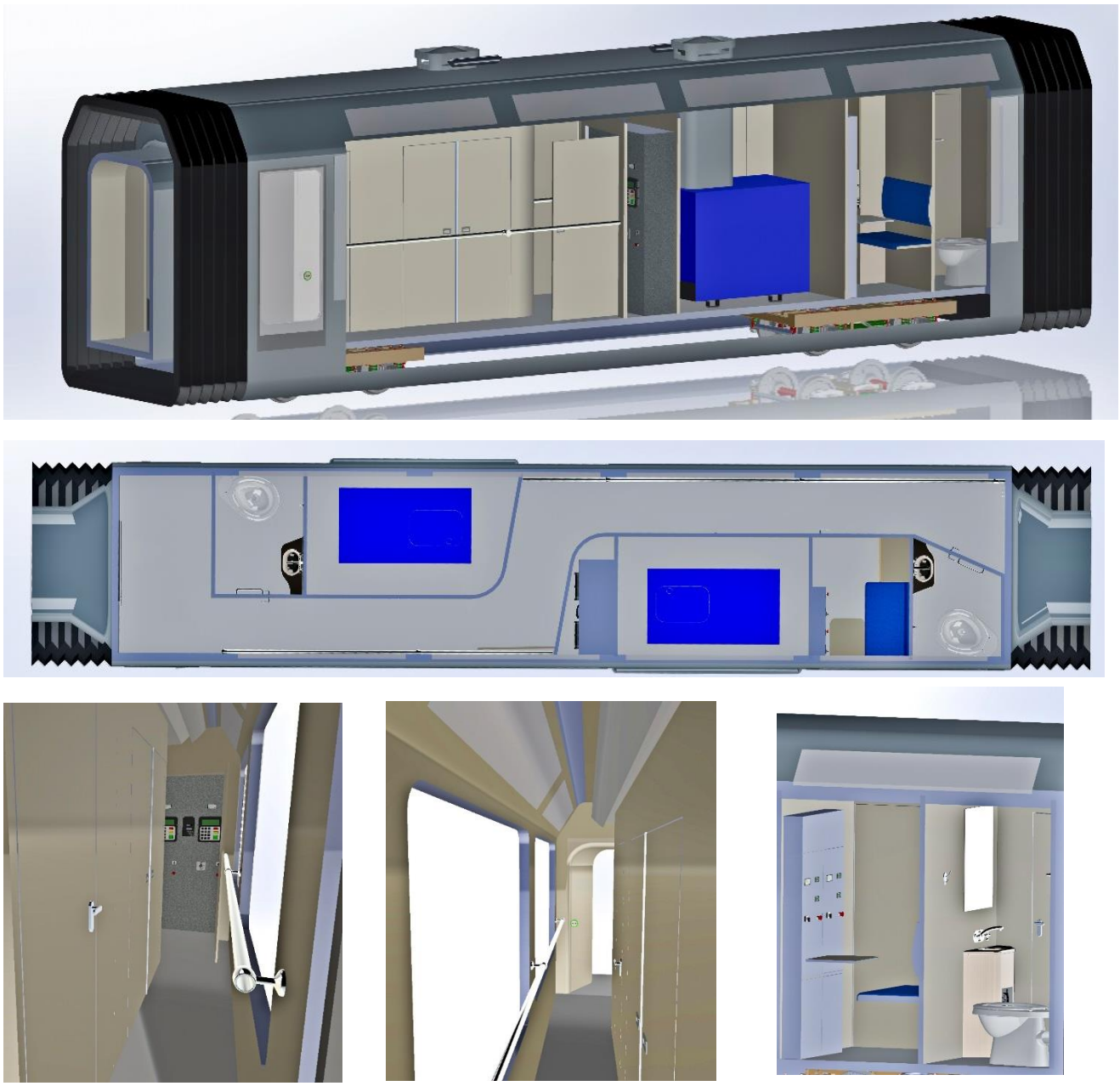


Рисунок Г.9 Інтер’єр технічного вагону

Додаток Д

Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів 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 тренований. *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. Особености технологии сварки. *Зварювання та споріднені технології* (смт 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 Міжнарародної 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. Мямлін 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 антивандальных 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. Белошицький Е. В., Мямлін 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. Вузькоколійні 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. *Вагонный 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 B 61 H 13/00. u2014 01847; заявл. 25.02.2014; опубл. 11.08.2014, Бюл. № 15.

41. Опалювальна система пасажирського вагона: пат. 115667 Україна, МПК B 61 D 27/00, B 61 H 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 B 61 K 7/20, B 61 H 7/00. u2018 03007; заявл. 26.03.2018; опубл. 26.12.2018, Бюл. № 24.

43. Бічна рама візка вагона: пат. 102703 Україна, МПК B 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 B 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 B 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 B 61 F 5/50, B 60 B 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 B 61 F 7/00, B 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 B 60 L 1/12. u2018 00132; заявл. 03.01.2018 ; опубл. 10.07.2018, Бюл. № 13.

49. Боковая рама тележки грузового вагона: пат. Республіки Казахстан, KZ № 1307 U кл B61F 5/52. № заявки 2014/0173.2 заявл. 12.11.2014; опубл. 17.08.2015, Бюл. №8.

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

Відомості про апробацію результатів дисертації:

1. 6 міжнародна наукова конференція «Transbaltica 2009» (Литва, Вільнюс, 2009 р.) (заочна участь).
2. 70 міжнародна науково-практична конференція «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпро, 2010 р.) (очна участь).
3. V міжнародний форум студентів та молодих вчених «Розширюючи обрії» (Дніпропетровськ, 2010 р.) (очна участь).
4. 71 міжнародна науково-практична конференція «Проблеми та

перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпро, 2011 р.) (очна участь).

5. VII міжнародна науково-технічна конференція «Рухомий склад XXI сторіччя: ідеї, вимоги, проекти» (Санкт-Петербург, 2011 р.) (очна участь).
6. 74 міжнародна науково-практична конференція «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпро, 2014 р.) (очна участь).
7. IX міжнародна науково-технічна конференція «Рухомий склад XXI сторіччя: інновації у вантажному вагонобудуванні» (Санкт-Петербург, 2014 р.) (очна участь).
8. 75 міжнародна науково-практична конференція «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпро, 2015 р.) (очна участь).
9. VIII міжнародна науково-практична конференція «Зварювання та споріднені технології» (смт Ворзель, 2015 р.) (заочна участь).
10. IV всеукраїнська науково-практична конференція «Перспективи розвитку транспортного комплексу (Проблеми управління, економіки, екології та права щодо розвитку транспортного комплексу України)» (Дніпропетровськ, 2015 р.) (очна участь).
11. 76 міжнародна науково-практична конференція «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпро, 2016 р.) (очна участь).
12. XIV міжнародна наукова конференція «Проблеми механіки залізничного транспорту: Безпека руху, динаміка, міцність рухомого складу та енергозбереження» (Дніпро, 2016 р.) (очна участь).
13. 77 міжнародна науково-практична конференція «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпро, 2017 р.) (очна участь).

14. Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні методики, інновації та досвід практичного застосування у сфері технічних наук» (м. Радом, Республіка Польща, 2017 р.) (заочна участь).

Додаток Е

Патенти

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

УДОСТОВЕРЕНИЕ АВТОРА

№ 88902

Настоящим удостоверяется, что **Мямлин Сергей Сергеевич (UA)**

и **Кажкенов Айбек Зекешевич (KZ); Пышной Владимир Юрьевич (KZ); Амонжолов Сафиолла Зейноллович (KZ); Шатов Виктор Анатольевич (UA)**

является(ются) автором(ами) полезной модели

(11) 1307

(54) Боковая рама тележки грузового вагона

(73) ***Патентообладатель:*** **Товарищество с ограниченной ответственностью "Конструкторское бюро транспортного машиностроения"**

(21) 2014/0173.2

(22) 12.11.2014

Заместитель министра юстиции Республики Казахстан **Э. Азимова**

УКРАЇНА

ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 101676

БАЛКА НАДРЕСОРНА ВІЗКА ВАНТАЖНОГО ВАГОНА

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **25.09.2015.**

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України А.Г. Жарінова

УКРАЇНА

ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 102703

БІЧНА РАМА ВІЗКА ВАГОНУ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **10.11.2015.**

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України А.Г. Жарінова

УКРАЇНА

ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 126489

КОЛІСНА ПАРА ІЗ ЗМІННИМ ПОЛОЖЕННЯМ КОЛІС

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **25.06.2018.**

Заступник міністра економічного розвитку і торгівлі України М.І. Тітарчук

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ ІДЕНТИФІКАЦІЙНИЙ КОД 37589598

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **115667** (13) **U**

(51) МПК (2017.01)
B61D 27/00
B60H 1/22 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2016 10911**
(22) Дата подання заявки: **31.10.2016**
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **25.04.2017**
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **25.04.2017, Бюл.№ 8**

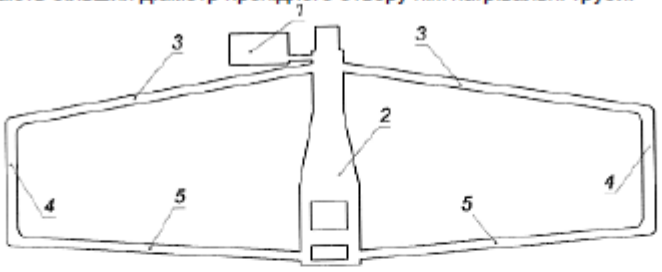
(72) Винахідник(и):
Кебал Юрій Вікторович (UA),
Білошицький Едуард Васильович (UA),
Мямлін Сергій Сергійович (UA)

(73) Власник(и):
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА,
вул. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ-10, 49010 (UA)

(54) ОПАЛЮВАЛЬНА СИСТЕМА ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА

(57) Реферат:

Опалювальна система пасажирського вагона складається з розширювача, котла, розвідних труб. Стояки мають більший діаметр прохідного отвору ніж нагрівальні труби.



UA 115667 U

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

УКРАЇНА (19) UA (11) 92255 (13) U
(51) МПК (2014.01)
B61H 13/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2014 01846
(22) Дата подання заявки: 25.02.2014
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 11.08.2014
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 11.08.2014, Бюл.№ 15

(72) Винахідник(и):
Бабаєв Анатолій Максимович (UA),
Шапошник Владислав Юрійович (UA),
Мямлін Сергій Сергійович (UA)
(73) Власник(и):
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА,
вул. Ак. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ-10, 49010 (UA)

(54) СТОЯНКОВЕ ГАЛЬМО ВАГОНА

(57) Реферат:

Стоянкове гальмо вагона включає вал, посаджений на підшипниках, на одному кінці якого розміщений штурвал, а на протилежному - зубчате колесо. Зубчате колесо знаходиться у зачеплені з зубчатою рейкою, розташованою над колесом.

UA 92255 U

УКРАЇНА

(19) UA (11) 130652 (13) U

(51) МПК (2018.01)
B61K 7/20 (2006.01)
B61H 7/00

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2018 03007
(22) Дата подання заявки: 26.03.2018
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 26.12.2018
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 26.12.2018, Бюл.№ 24

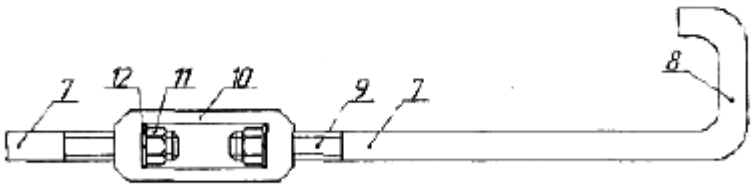
(72) Винахідник(и):
Бабаєв Анатолій Максимович (UA),
Шапошник Владислав Юрійович (UA),
Мямлін Сергій Сергійович (UA)

(73) Власник(и):
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА,
вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро-10, 49010 (UA)

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗАКРІПЛЕННЯ АБО ОБМЕЖЕНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ КОЛІСНОЇ ПАРИ

(57) Реферат:

Пристрій для закріплення або обмеженого переміщення колісної пари містить розташовані на залізничних рейках гальмові башмаки, які з накатом на полоз гальмового башмака підкладають під колесо, причому для надійної фіксації застосовуються два башмаки, взаємне розташування яких таке, що на носок попутного гальмівного башмака внапуск лягає носок зустрічного башмака; башмаки фіксуються конструктивним елементом у вигляді штанги з захватами.



Фіг. 4

UA 130652 U

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

УКРАЇНА (19) UA (11) 92256 (13) U
(51) МПК (2014.01)
B61H 13/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

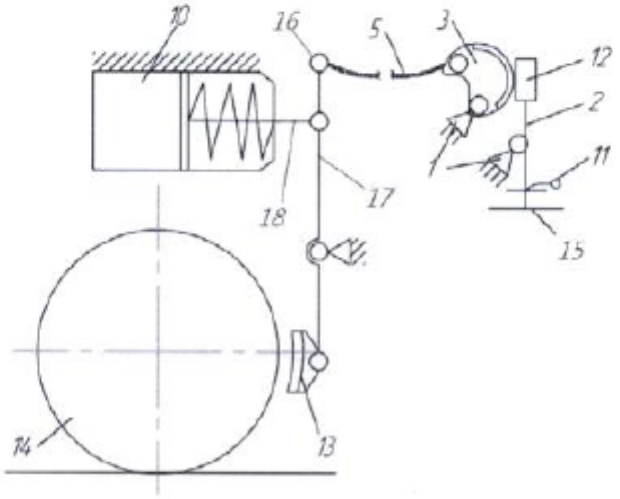
(21) Номер заявки: u 2014 01847
(22) Дата подання заявки: 25.02.2014
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 11.08.2014
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 11.08.2014, Бюл.№ 15

(72) Винахідник(и):
Бабаєв Анатолій Максимович (UA),
Мямлін Сергій Сергійович (UA),
Шапошник Владислав Юрійович (UA)
(73) Власник(и):
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА,
вул. Ак. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ-10, 49010 (UA)

(54) СТОЯНКОВЕ ГАЛЬМО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

(57) Реферат:

Стоянкове гальмо транспортного засобу включає вал з черв'яком та черв'ячним сектором на одному кінці, розміщені між щоками, і штурвал - на іншому, а також гальмовий циліндр з важільною передачею. Передача зусиль від черв'ячного сектора до гальмового циліндра з важільною передачею здійснюється тросом.



Фіг. 1

UA 92256 U

УКРАЇНА

(19) UA (11) 123746 (13) U

(51) МПК (2018.01)
B61F 5/50 (2006.01)
B60B 35/00

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2017 08420
(22) Дата подання заявки: 16.08.2017
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 12.03.2018
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.03.2018, Бюл.№ 5

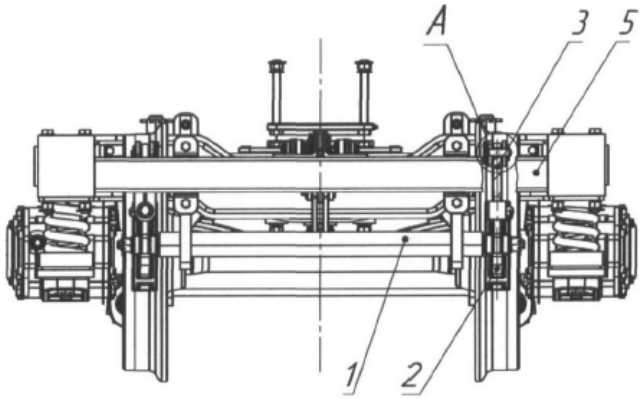
(72) Винахідник(и):
Мямлін Владислав Віталійович (UA),
Мямлін Сергій Сергійович (UA),
Згребна Світлана Миколаївна (UA),
Мурашова Наталія Геннадіївна (UA)

(73) Власник(и):
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА,
вул. Ак. Лазаряна, 2, м. Дніпро-10, 49010 (UA)

(54) ПІДВІСКА ВАЖІЛЬНОЇ ПЕРЕДАЧІ ВІЗКА РЕЙКОВОГО ТРАНСПОРТУ

(57) Реферат:

Підвіска важільної передачі візка рейкового транспорту містить тягу, яка шарнірно прикріплена одним кінцем до гальмівного башмака та трикутника, а другим - до рами візка. З'єднання виконано за допомогою підшипників ковзання.



Фіг. 1

UA 123746 U

УКРАЇНА

(19) UA (11) 119315 (13) U

(51) МПК
B61D 3/18 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2017 01809
(22) Дата подання заявки: 27.02.2017
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.09.2017
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.09.2017, Бюл.№ 18

(72) Винахідник(и):
Кебал Іван Юрійович (UA),
Мямлін Сергій Сергійович (UA),
Босий Дмитро Олексійович (UA),
Саблін Олег Ігорович (UA),
Хоменко Ірина Юріївна (UA)

(73) Власник(и):
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА,
вул. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ-10, 49010 (UA)

(54) ЗАЛІЗНИЧНИЙ ВАГОН ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ З МОЖЛИВІСТЮ ПІДЗАРЯДКИ

(57) Реферат:

Залізничний вагон для перевезення електромобілів з можливістю підзарядки, що складається з кузова, двох візків, механічної та пневматичної гальмівних систем, ударно-тягових пристроїв. Містить систему енергоживлення.

UA 119315 U

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA (11) 126489 (13) U

(51) МПК (2018.01)
B61F 7/00
B61F 5/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2018 00049
(22) Дата подання заявки: 02.01.2018
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.06.2018
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.06.2018, Бюл.№ 12

(72) Винахідник(и):
Пшенько Валерій Олександрович (UA),
Романюха Микола Романович (UA),
Згребна Світлана Миколаївна (UA),
Мямлін Сергій Сергійович (UA),
Мурашова Наталія Геннадіївна (UA),
Тьоктєв Олександр Миколайович (UA)

(73) Власник(и):
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА,
вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро-10, 49010 (UA)

(54) КОЛІСНА ПАРА ІЗ ЗМІННИМ ПОЛОЖЕННЯМ КОЛІС

(57) Реферат:

Колісна пара із змінним положенням коліс містить вісь, колеса, нерухомі втулки, гільзи, гайки, гумові чохли. При цьому між віссю та маточиною колеса встановлені конічні розрізні втулки, на кінцевих частинах яких розташовані діафрагмові пружини.

UA 126489 U

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA (11) 126810 (13) U

(51) МПК
B60L 1/12 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2018 00132
(22) Дата подання заявки: 03.01.2018
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.07.2018
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.07.2018, Бюл.№ 13

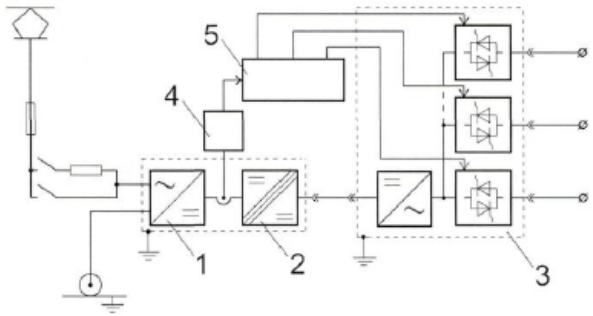
(72) Винахідник(и):
Босий Дмитро Олексійович (UA),
Саблін Олег Ігорович (UA),
Кебал Іван Юрійович (UA),
Мямлін Сергій Сергійович (UA),
Хоменко Ірина Юріївна (UA)

(73) Власник(и):
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА,
вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, 49010 (UA)

(54) ПЕРЕТВОРЮВАЧ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ЕНЕРГОЄМНИХ ПРИСТРОЇВ ВІД ПОЇЗНОЇ МАГІСТРАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

(57) Реферат:

Перетворювач для живлення енергоємних пристроїв від поїзної магістральної мережі містить високовольтний випрямляч, до виходу якого підключений DC/DC перетворювач з наступним приєднанням інверторних блоків. Містить датчик напруги, вихід якого підключено до інтелектуальної системи керування вихідними параметрами інверторних блоків, яка ідентифікує режим тягового електроспоживання та приймає рішення щодо вихідної потужності інверторних блоків.



UA 126810 U

Додаток Є

Акти впровадження результатів дисертації

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Проректор з наукової роботи
Українського державного університету
залізничного транспорту,
д.т.н., професор

Гліб ВАТУЛЯ

«15» липня 2020 р.

АКТ
впровадження результатів виконання дослідження
Мямліна Сергія Сергійовича за темою кандидатської дисертації:
«Удосконалення конструкцій рухомого складу вузької колії»
зі спеціальності 05.22.07 – рухомий склад та тяга поїздів

Дійсним актом підтверджуємо, що запропоновані в дисертаційній роботі Мямліним С.С. математичні моделі просторових коливань пасажирських та вантажних вагонів вузької колії прийняті для використання в наукових дослідженнях кафедри вагонів Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ) при опрацюванні тематики, що пов'язана з удосконаленням конструкцій рейкового рухомого складу та для визначення показників динаміки і безпеки руху.

Математичні моделі дозволяють виконувати теоретичні дослідження динаміки залізничного рухомого складу з урахуванням ширини колії та її плану і профілю, а також визначати динамічну навантаженість рейкових екіпажів з урахуванням їх конструктивних особливостей.

Завідувач науково-дослідної
частини, к.т.н., доцент Андрій КРАВЕЦЬ

Провідний інженер науково-дослідної
частини Наталя БОНДАРЕНКО

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Проректор з науково-педагогічної роботи Українського державного університету залізничного транспорту, к.т.н., доцент
_____ Дмитро МКРТИЧЬЯН
«15» липня 2020 р.

АКТ
впровадження в навчальний процес результатів дослідження
Мямліна Сергія Сергійовича за темою кандидатської дисертації:
«Удосконалення конструкцій рухомого складу вузької колії»
зі спеціальності 05.22.07 – рухомий склад та тяга поїздів

Дійсним актом підтверджуємо, що основні результати виконання дисертаційного дослідження Мямліна С.С. впроваджено для забезпечення навчального процесу Українського державного університету залізничного транспорту при підготовці здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського), другого (магістерського) та третього (доктор філософії) рівня підготовки за спеціальністю 273 «Залізничний транспорт», освітніх програм: «Вагони та вагонне господарство», «Мехатроніка у вагонобудуванні», «Діагностування та неруйнівний контроль рухомого складу залізниць», «Вагони та транспортна інженерія» при викладанні дисциплін «Конструкція вагонів», «Динаміка вагонів», «Методологія інженерної діяльності», «Методи оцінки життєвого циклу рухомого складу залізниць», «Сучасні методи розрахунку міцності та надійності вагонів».

Начальник навчального відділу Євгенія РОМАНОВИЧ

Завідувач аспірантурою та докторантурою, к.е.н., доцент Олена МАКОВОЗ

АКТ
впровадження результатів дисертаційної роботи
Мямліна Сергія Сергійовича
за темою: «Удосконалення конструкцій рухомого складу вузької колії»

09.10.2020 р.

За виконання дисертаційної роботи Мямліна Сергія Сергійовича за темою: «Удосконалення конструкцій рухомого складу вузької колії» розроблено математичні моделі з визначення динамічної навантаженості рейкового рухомого складу та конструктивні рішення вантажних вагонів вузької колії і окремих складових вузлів та систем.

Дані результати виконання дисертаційної роботи передано Мямліним С.С., а ТОВ «Головне спеціалізоване конструкторське бюро вагонобудування імені В.М. Бубнова» прийнято для використання в практиці проектування вантажного рухомого складу при розробці нових конструкцій вантажних вагонів та окремих деталей та вузлів до них.

Конструктивні рішення двовісного візка для вагонів колії 750 мм та рекомендовані параметри центрального та буксового ресорного підвішування прийняті для застосування при проектуванні новітніх конструкцій чотиривісних вантажних вагонів.

Математичні моделі з визначення показників динаміки та безпеки руху з відповідним програмним забезпеченням прийняті для використання при проведенні нормативних розрахунків створюваних конструкцій вагонів та для перспективних розробок, що проходять опрацювання в конструкторському бюро.

Директор – генеральний конструктор
ТОВ «Головне спеціалізоване конструкторське
бюро вагонобудування імені В.М. Бубнова»,
доктор технічних наук, професор **В.М. Бубнов**

ТОВ ГСКВБ ім. В.М. Бубнова код ЄДРПОУ 32258888

Т О В "Н В П
"УКРТРАНСАКАД"

УКРТРАНСАКАД
науково-виробниче підприємство
товариство з обмеженою відповідальністю

АКТ впровадження
результатів дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук Мямліна Сергія Сергійовича
за темою: «Удосконалення конструкцій рухомого складу вузької колії»
зі спеціальності 05.22.07 – рухомий склад та тяга поїздів.

17.11.2020 р. м. Дніпро

Дійсним актом підтверджується те, що результати виконання дисертаційної роботи Мямліна Сергія Сергійовича на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за темою: «Удосконалення конструкцій рухомого складу вузької колії» зі спеціальності 05.22.07 – рухомий склад та тяга поїздів, передано автором для впровадження в проектно-конструкторське та технологічне бюро ТОВ «УкрТрансАкад» в частині створення конструктивних рішень пасажирських та вантажних вагонів вузької колії, а також технічної реалізації окремих систем та вузлів для вагонів, що використовуються на гірських ділянках залізниць.

До технічних рішень, які розроблені Мямліним С.С. та впроваджено у діяльність ПКТБ, відносяться конструкції двовісних візків для пасажирських вагонів, конструкції двовісних візків для вантажних вагонів, гальмівні системи та їх елементи, ударно-тягові прилади, з'єднувальні пристрої та поворотні майданчики для пасажирського рухомого складу, конструкції ресорного підвішування для візків пасажирських та вантажних вагонів.

В діяльності ПКТБ нашого підприємства також використовуються патентні дослідження, що розроблені Мямліним С.С. при виконанні дисертаційного дослідження та стосуються удосконалення конструкцій рухомого складу вузькоколійних залізниць.

Загальний ефект від впровадження розроблених в дисертаційних дослідженнях технічних рішень стосовно удосконалення конструкції пасажирських вагонів вузької колії становить 720 тис грн на життєвий цикл одного вагону.

Директор ТОВ «УкрТрансАкад»,
кандидат економічних наук, доцент О.П. Пінчук

Товариство з обмеженою відповідальністю «Науково-виробниче підприємство «Укртрансакад» і.к. 32406215 Україна, м.Дніпропетровськ

Україна, 49107, м. Дніпро, бул. Зоряний, буд.1, корп.1, оф.3, тел./факс +38 056 7870338
e-mail: ukrtransakad@ua.fm

АКТ
впровадження результатів виконання дослідження
Сергія Сергійовича Мямліна за темою кандидатської дисертації:
«Удосконалення конструкцій рухомого складу вузької колії»

26.11.2020 р. м. Київ

Інжинірінговий центр ТОВ «УК «ТРАНСВАГОНСЕРВІС» цим актом засвідчує, що розробки інноваційних технічних рішень, що виконані здобувачем наукового ступеня кандидата технічних наук Мямліним Сергієм Сергійовичем при підготовці своєї кандидатської дисертації, впроваджено у виробничу діяльність нашого підприємства та застосовуються при розробці сучасних конструкцій рухомого складу залізниць, в тому числі для вузькоколійних та гірських. Розроблені здобувачем конструкції пасажирських вагонів для забезпечення міжміських та туристичних перевезень містять ознаки інноваційності та опрацьовані на рівні макетних зразків. Проводиться подальша робота з подальшої реалізації даних конструкцій при виготовленні дослідних зразків кузовів вагонів та візків до них.

Розроблено техніко-економічне обґрунтування щодо застосування базових конструкцій вагонів для перевезення пасажирів та для організації туристичних поїздів з формуванням повного спектру вагонів для забезпечення комфортних умов перевезення пасажирів. Склад поїзду для регулярних або туристичних перевезень передбачає вагон для перевезення електромобілів з можливістю підзарядки транспортних засобів під час руху та під час очікування. Поліпшення техніко-економічних показників для різних типів пасажирських вагонів складає від 30 до 70 %, що підтверджує ознаки їх інноваційності.

Всі основні технічні рішення захищено здобувачем охоронними документами на інтелектуальну власність.

Заступник директора
ТОВ «УК «ТРАНСВАГОНСЕРВІС» С.О.Бакланов