

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна

ПАСІЧНИК Сергій Сергійович

УДК 629.463.027.1.004.69, 621.92, 621.891

**ПОЛІПШЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ТА РЕСУРСНИХ
ПОКАЗНИКІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ З
КОМПЛЕКСНО МОДЕРНІЗОВАНИМИ ВІЗКАМИ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Дніпропетровськ – 2012

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Інституті технічної механіки Національної академії наук України і Національного космічного агентства України.

Науковий керівник: член-кореспондент НАН України,
доктор технічних наук, професор
Ушкалов Віктор Федорович,
завідувач відділу статистичної
динаміки механічних систем
Інституту технічної механіки
НАН України і НКА України

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Горобець Володимир Леонідович,
головний науковий співробітник галузевої
науково-дослідної лабораторії динаміки
та міцності рухомого складу
Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту ім.. ак. В. Лазаряна
Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

кандидат технічних наук, доцент
Горбенко Анатолій Петрович,
доцент кафедри «Вагони»
Української державної академії
залізничного транспорту
Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

Захист відбудеться «23» листопада 2012р. о 12:30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.820.02 при Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2, ауд. 314 (зала засідань).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2.

Автореферат розісланий 18.10.12.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
Д.08.820.02, д.т.н., професор

І.В. Жуковицький

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Залізничний транспорт завжди був і залишається ключовою галуззю промисловості, від стану якої в значній мірі залежать майже всі інші галузі економіки будь-якої держави. Тому питання підтримання високої ефективності роботи залізниць завжди є вельми актуальними. На жаль, залізниці України та країн СНД в останні два десятиліття переживають не кращі часи. Як наслідок, вагонні та локомотивні парки цих країн практично не оновлювались і на сьогодні переважна частина рухомого складу вичерпала граничні строки експлуатації. Вагонобудівні підприємства до недавнього часу пропонували асортимент вантажних вагонів, обладнаних виключно візками моделі 18-100, конструкція яких майже не удосконалювалась з часів їх створення, тобто більше ніж 50 років. Але починаючи з 2000-х рр. в Україні створено, апробовано і широко впроваджено ресурсозберігаючу технологію комплексної модернізації цих візків, яка дозволяє значно поліпшити експлуатаційні показники вантажних вагонів. Оскільки модернізація передбачає використання ряду нових пристроїв і рішень, то неминучими стають особливості, що виникають при експлуатації і ремонті удосконалених візків. Саме тому дослідження, спрямовані на вирішення задач, пов'язаних з удосконаленням елементів візків і подальший розвиток комплексної модернізації візків, є важливими і актуальними.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тематику дисертації включено в плани наукових досліджень НАНУ по наступних темах:

- по фундаментальній науково-дослідній темі ІІІ-20-04 "Дослідження випадкових коливань та визначення динамічних якостей рухомих механічних систем і їх контактної взаємодії з рейковим деформівним підложжям" (номер держреєстрації 0104U004082, затверджена постановою Бюро Відділення механіки НАН України на 2004-2008 роки, протокол № 4 від 26.11.03);

- по прикладній науково-дослідній темі ІІІ-41-06 "Дослідження щодо поліпшення динамічної взаємодії вантажних вагонів та колії, а також зменшення зносу коліс та рейок на вітчизняних залізницях за рахунок удосконалення форми диску та профілю обода колеса"(номер держреєстрації 0106U001395, затверджена постановою Бюро Відділення механіки НАН України на 2006-2008 роки, протокол № 4 від 13.07.05);

- по фундаментальній науково-дослідній темі ІІІ-61-09 "Дослідження випадкових коливань і динамічної взаємодії елементів рухомих складних механічних систем та їх контактної взаємодії з рейковим деформівним підложжям"(номер держреєстрації 0109U000343, затверджена постановою Бюро Відділення механіки НАН України на 2009-2013 роки, протокол № 4 від 03.07.08);

- по прикладній науково-дослідній темі ІІІ-62-09 "Удосконалення конструкції елементів запропонованої ІТМ НАНУ і НКАУ комплексної модернізації типових візків (моделі 18-100) вантажних вагонів з урахуванням досвіду їх експлуатації на українських залізницях" (номер держреєстрації 0109U000344, затверджена постановою Бюро Відділення механіки НАН України на 2009-2011 роки, протокол № 4 від 03.07.08);

– по прикладній науково-дослідній темі П-11-10 "Модернізація вантажних вагонів для підвищення безпеки їх руху, експлуатаційних якостей та ресурсу" (номер держреєстрації 0110U007135, затверджена постановою Президії НАН України на 2010-2012 роки, розпорядження № 341 від 14.06.10, № 488 від 05.08.10 і № 131 від 25.02.11).

Мета і завдання дослідження. *Об'єкт дослідження* – динамічні та ресурсні показники вантажних вагонів з комплексно модернізованими візками. *Предмет дослідження* - вдосконалення динамічних та ресурсних показників вантажних вагонів з комплексно модернізованими візками.

Мета роботи полягає в поліпшенні ресурсних показників комплексно модернізованих візків вантажних вагонів, а також в подальшому розвитку комплексної модернізації візків, поліпшенні їх експлуатаційних показників.

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішити наступні завдання:

– провести аналіз даних про стан комплексно модернізованих візків в мережі загальної експлуатації залізниць України, та визначити проблемні аспекти в роботі таких візків і розробити пропозиції щодо їх усунення;

– розробити розрахункову схему і математичну модель для визначення динамічних і ресурсних показників вантажних вагонів з комплексно модернізованими візками з урахуванням можливості додавання нових елементів в їх конструкцію, а також з урахуванням радіальної і осьової жорсткості коліс;

– дослідити вплив геометричних і фізико-механічних параметрів колеса на його жорсткість в радіальному і осьовому напрямках, а також на згинальну жорсткість обода, оцінити вплив жорсткості колеса у різних напрямках на динамічні і ресурсні показники вантажного вагона з комплексно модернізованими візками, визначити форму диска колеса і його геометричні параметри для створення нових коліс, використання яких дозволить поліпшити експлуатаційні показники вантажних вагонів;

– розробити пропозиції щодо подальшого вдосконалення комплексної модернізації візків вантажних вагонів за рахунок додавання нових елементів і зміни конструкції візка.

Методи дослідження. При дослідженні можливостей поліпшення експлуатаційних показників комплексно модернізованих візків вантажних вагонів шляхом додавання нових елементів і зміни конструкції візка, а також при розробці колеса з пружним диском використано методи математичного і комп'ютерного моделювання, математичної статистики, статистичної динаміки, чисельного інтегрування, скінчених елементів. Для проведення випробувань запропонованої схеми вимірювання вертикальних сил використано натурний метод дослідження, що базується на використанні експериментального метода визначення пружно-деформованого стану ходових частин вантажних вагонів – ходових динамічних випробувань.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

а) вперше розроблено математичну модель вантажного вагону з комплексно модернізованими візками, яка дозволяє в широкому діапазоні змінювати геометричні і фізико-механічні параметри елементів візка, додавати

нові елементи в його конструкцію, а також враховувати радіальну та осьову жорсткості коліс та згинальну жорсткість ободу;

б) вперше визначено раціональні геометричні параметри колеса з пружним диском, при використанні яких можна поліпшити експлуатаційні показники вантажних вагонів з комплексно-модернізованими візками;

в) розроблено математичну модель, проведено дослідження та запропоновано нову схему наклейки тензометричних датчиків для визначення вертикальної сили. Це дозволяє отримувати більш достовірні результати при проведенні ходових динамічних випробувань вантажних вагонів з комплексно модернізованими візками;

Практичне значення отриманих результатів. Використання на українських залізницях отриманих в дисертації результатів сприяє вирішенню першочергових проблем, що виникають при виробництві, випробуваннях, експлуатації і ремонті комплексно модернізованих візків вантажних вагонів. Використання запропонованих змін технології встановлення елементів модернізації дозволило поліпшити якість комплексно модернізованих візків, підвищити їх надійність. Використання запропонованих способів збільшення ресурсних показників окремих елементів модернізації, зокрема зміни в нормативно-технічній документації щодо критеріїв відбракування пружних блоків ковзунів, вимоги до обробки карману надресорної балки та інше, дозволяє значно зменшити видатки на утримання таких вагонів. Використання запропонованих нових елементів модернізації дозволить поліпшити динамічні та ресурсні показники вагонів з новими візками.

Особистий внесок здобувача. Основні результати та положення, які становлять суть дисертації, отримані автором самостійно. У роботах, підготовлених у співавторстві, автору належить наступне:

- розробка нової схеми наклейки тензометричних датчиків для виміру вертикальних сил при проведенні ходових динамічних випробувань [2];

- розробка пропозицій по удосконаленню технологічної схеми установки елементів модернізації для зменшення часу проведення модернізації і підвищення надійності комплексно модернізованих візків [10];

- розробка математичних моделей для проведення досліджень і розрахунків при визначенні жорсткості колеса у різних напрямках [11];

- участь у зборі експериментальних даних, виконання чисельного моделювання взаємодії коліс з рейками, участь в аналізі результатів [12, 15];

- участь у розробці пропозицій щодо вибору шляхів подальшого вдосконалення комплексної модернізації візків вантажних вагонів [3, 13, 17, 18];

- участь у розробці пропозицій по використанню нових елементів в конструкції комплексно модернізованих візків і зміні існуючих для зменшення зносу коліс і рейок [7, 9];

- участь в розробці математичної моделі і підготовці вихідних даних для проведення розрахунків щодо визначення впливу залишкових деформацій пружних блоків бічних ковзунів постійного контакту на стійкість руху і динамічні якості піввагона з комплексно модернізованими візками [5].

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи заслухано і обговорено на:

– XI Міжнародній конференції "Проблеми механіки залізничного транспорту - Динаміка, міцність і безпека руху рухомого складу і енергозбереження", Дніпропетровськ, 2004 рік [10];

– Міжнародній науково-практичній конференції "Інформаційні технології в управлінні складними системами", Дніпропетровськ, 2008 рік [14, 15, 16];

– XII Міжнародній конференції "Проблеми механіки залізничного транспорту - Безпека руху, динаміка, міцність рухомого складу і енергозбереження", Дніпропетровськ, 2008 рік [11, 12, 13];

– Міжнародній партнерській конференції "Проблеми рухомого складу: шляхи рішення через взаємодію державного і приватного секторів", Севастополь, 2010 рік [17];

– II Міжнародній партнерській конференції "Проблеми рухомого складу : шляхи рішення через взаємодію державного і приватного секторів", Ялта, 2011 рік [18].

Повністю результати дисертаційної роботи заслухано і обговорено на:

– науковому семінарі відділу статистичної динаміки механічних систем Інституту технічної механіки НАН України і НКА України, 2011 р;

– спільному науковому семінарі відділу статистичної динаміки механічних систем і відділу динаміки багатовимірних механічних систем Інституту технічної механіки НАН України і НКА України, 2011 р;

– засіданні Вченої Ради Інституту технічної механіки НАН України і НКА України, Дніпропетровськ, 2011р;

– міжкафедральному науковому семінарі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна, Дніпропетровськ, 2012 р.

Публікації. Основні результати дисертації опубліковано в 18 роботах [1-18], серед яких 9 статей в фахових наукових журналах [1-9] і 9 додаткових робіт [10-18]. Серед них опубліковано без співавторів 4 статті [1, 4, 6, 8] і 2 тези доповідей [14, 16].

Структура і об'єм дисертації. Дисертаційна робота викладена на 210 сторінках, у тому числі 70 рисунків та 2 таблиць, містить вступ, основну частину з чотирьох розділів, висновок і список використаних джерел, що включає 93 найменувань і займає 12 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано її мету та завдання, визначено об'єкт та предмет досліджень, наведено методи дослідження, наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, надано відомості щодо їх апробації. Викладено загальну характеристику дисертації.

Перший розділ присвячений аналізу джерел і попередніх досліджень, де розкрито основні напрямки удосконалення візків вантажних вагонів.

Значний внесок в розвиток теоретичних основ, методів дослідження складних динамічних систем та теорії динаміки залізничного рухомого складу належить О.М. Ляпунову, В.А. Лазаряну, М.Ф. Веріго, І.І. Челнокову, С.В.

Вершинському, С.М. Куценку, Г.П. Бурчаку, А.Н. Савоськину, С.М. Захарову, Д.Ю. Погорелову, Г. Шеффелю, Є.П. Блохіну, В.Ф. Ушкалову, М.Л. Коротенко, М.О. Радченко, Л.А. Манашкіну, В.Д. Хусидову, В.Д. Дановичу, С.Ф. Редько, Г.І. Богомазу, В.Л. Горобцю та іншим.

Майже весь парк вантажних вагонів України та країн СНД оснащено візками моделі 18-100. Ця модель візків має деякі позитивні якості (простота конструкції, невисокі кошти виготовлення, легкість ремонту). На жаль, візки 18-100 мають і значні недоліки. Найважливіші з них це незадовільні характеристики при вписуванні в криві, значний знос коліс та рейок, схильність до самозбудження коливань виляння при русі в прямих ділянках колії.

На основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень ІТМ НАНУ і НКАУ запропоновано комплексну модернізацію візків вантажних вагонів шляхом використання трьох пристроїв виробництва компанії «А.Стакі» (США), апробованих для використання на залізницях України, та зносостійкого профілю кочення коліс ІТМ-73 (Україна). Завдяки такій модернізації, при незначних фінансових затратах стало можливим значне поліпшення стану як нових вантажних вагонів, так і тих, що вже експлуатуються. Дослідними лабораторіями ДНУЗТ та УкрНДІВ проведено ходові динамічні випробування різних типів вагонів з комплексно модернізованими візками. З 2000 року проводяться експлуатаційні випробування дослідних вагонів, результати яких підтверджують високу ефективність запропонованої модернізації. Комплексна модернізація отримала офіційний номер С03.04. На теперішній час вже модернізовано більш ніж 17500 вагонів.

Другий розділ присвячено розробці ряду пропозицій щодо вдосконалення технології проведення модернізації та самих елементів комплексної модернізації візків вантажних вагонів.

1. Динамічні та ресурсні показники вагонів з комплексно модернізованими візками в значній мірі залежать від якості встановлення елементів модернізації. На основі аналізу технології проведення комплексної модернізації візків першої партії вантажних вагонів виявлено, що застосована на вагоноремонтному заводі послідовність дій при проведенні модернізації призводить до порушення установочних висот ковзунів після приварювання верхньої коробки ковзуна до кузова вагона, а також до послаблення міцності зварювального шву. Запропоновано нову послідовність дій, при якій приварювання верхньої коробки ковзуна проходить при ненавантаженому стані, що дозволило значно поліпшити якість модернізації візків, зменшити її вартість та час на її проведення.

2. Виявлено, що характер зносу гребенів коліс в модернізованих візках, а також в візках 18-7020 (в візках 18-7020 використано всі елементи комплексної модернізації, у тому числі профіль кочення коліс ІТМ-73) дещо відрізняється від зносу коліс в стандартних візках моделі 18-100, колеса яких мають профіль кочення за ГОСТ 9036-81. Інтенсивність зносу коліс модернізованих візків значно знижується при збільшенні пробігу до 200-250 тис. км з 0,5 до 0,1 мм/10 тис. км (рис. 1). Як видно з цього рисунку, інтенсивність зносу коліс зі стандартним профілем (вагони 9 і 12 та позначені «Профіль стандартний з експлуатації») при збільшенні пробігу до 180 тис. км також знижується, але

поволі, тому знос коліс встигає досягти максимально допустимого. Колеса з профілем ІТМ-73 (вагони 8 і 11, позначені «Профіль ІТМ з експлуатації» та «Профіль ІТМ в візках 18-7020 в маршрутному потязі») мають інтенсивність зносу в 2-3 рази меншу, тому їх ресурс значно збільшується.

3. Запропоновано зміни до системи переточування коліс. На рис. 2 приведено залежності товщини гребенів коліс вагону-еталону та вагонів з візками 18-7020 від пробігу з позначенням існуючої періодичності переточувань.

Як видно, колеса вагону-еталону мають загальний максимальний ресурс по зносу гребеня близько 9 років експлуатації або 450 тис. км пробігу. За цей час вони обточуються 4 рази. Ресурс коліс із профілем ІТМ-73 по зносу гребеня до першого переточування становить 8 років (близько 400 тис. км. Пробігу). Таким чином, загальний ресурс коліс із профілем ІТМ-73 по зносу гребеня може скласти 32 роки або 1600 тис. км пробігу.

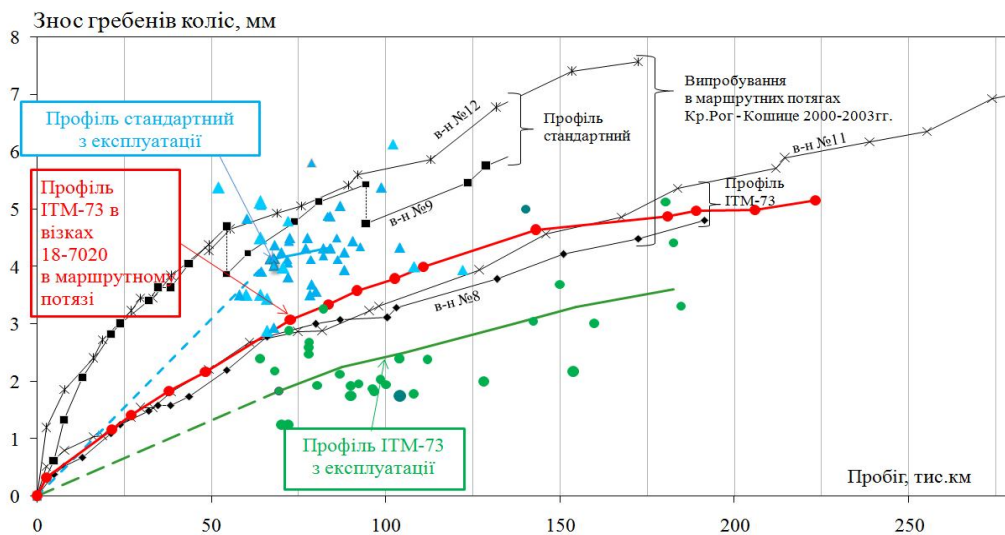


Рис. 1. Залежність зносу гребенів коліс дослідних вагонів від пробігу

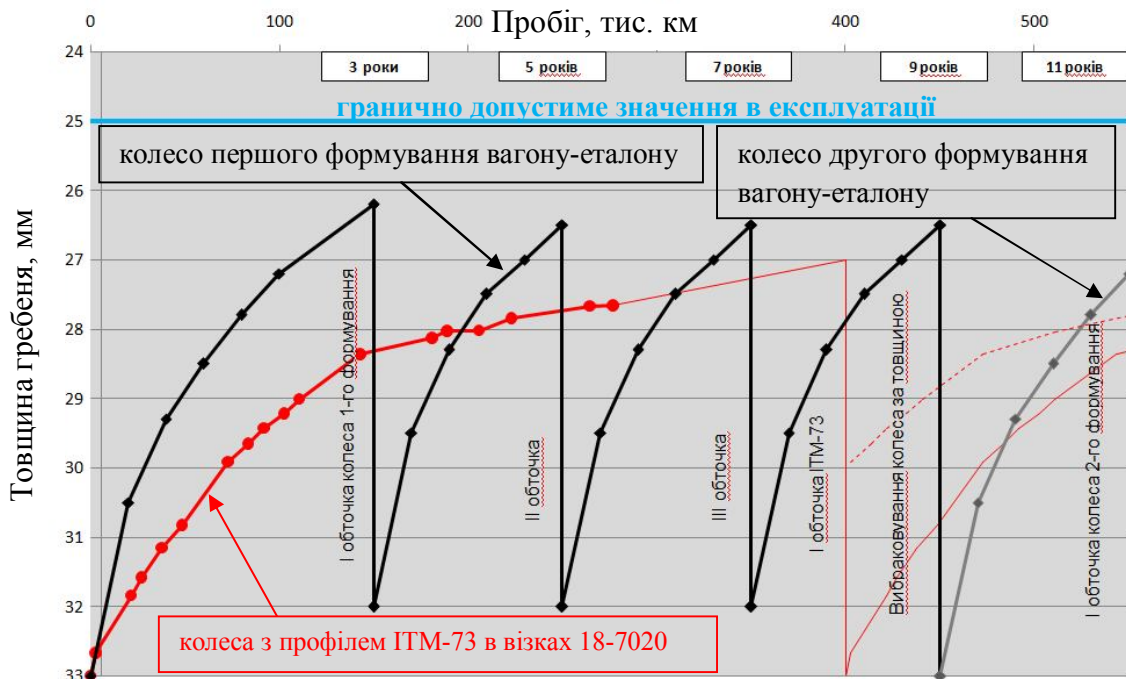


Рис. 2. Зміна товщини гребенів коліс в залежності від пробігу з врахуванням обточування при деповських ремонтах

Але, як показує досвід експлуатації вагонів, після пробігу 250-300 тис. км на поверхні кочення коліс накопичуються металургійні та експлуатаційні дефекти, такі як вищербини, повзуни, сітки термічних тріщин, навари та ін., що унеможливають подальшу експлуатацію коліс. Для запобігання цьому запропоновано зменшити пробіг колеса з профілем ІТМ-73 між переточуванням до 300 тис. км за рахунок зменшення первинної товщини гребеня при переточуванні з 32 мм до 29-30 мм, що зменшить глибину кожної переточки. При цьому загальний ресурс колеса збільшиться за рахунок збільшення кількості переточувань за весь час експлуатації. Таким чином, отримуємо можливість приблизити ресурс колеса до загального строку експлуатації вантажного вагона.

4. Однією з особливостей експлуатації комплексно модернізованих візків на залізницях України та країн СНД є випадки випадіння роликів ковзунів моделі ISB-12C при розпусканні вагонів на сортувальних гірках. Зазвичай ролик ковзуна захищено від випадіння зносостійкою пластиною верхнього ковзуна, однак при перевищенні допустимої швидкості співударяння вагонів на сортувальних гірках можливі підстрибування кузова вагону над візком та втрата ролика. Так як повністю виключити з експлуатації випадки порушення правил розпуску вагонів проблематично, запропоновано чотири варіанти зміни конструкції корпусу ковзуна ISB-12C для запобігання втрати ролика. Два з вказаних варіантів можуть бути використані лише при виробництві нових корпусів ковзунів, а два - при модернізації тих, що вже експлуатуються.

5. Запропоновано дещо змінити конструкцію карману надресорної балки при використанні клинової системи гасіння коливань RFE-43 шляхом заварювання з послідовним фрезуванням та шліфуванням канавок для відводу продуктів зносу, яких в модернізованих клинах практично немає. При цьому збільшується площа контакту поліуретанової накладки з надресорною балкою та зменшується величина напружень в накладці на клин, що приводить до збільшення її ресурсу.

6. На основі теоретичних досліджень запропоновано змінити нижню границю критерію вилучення з експлуатації пружних блоків ковзунів ISB-12C з 96 до 93 мм, що узгоджено з виробником пружних блоків в США та впроваджено в Укрзалізниці.

7. Оскільки на залізницях України експлуатується вже значна кількість вагонів з комплексно модернізованими візками, що мають у своєму складі ряд принципово нових пристроїв та матеріалів, виникла необхідність зміни існуючої технічної документації та розробки нової. На основі аналізу даних, що накопичено при обстеженні вагонів з комплексно модернізованими візками, запропоновано ряд змін до Інструкцій, що стосуються ремонту та експлуатації таких вагонів.

8. Виявлено, що при проведенні динамічних ходових випробувань вагонів з комплексно модернізованими візками вкрай важко отримати достовірні результати вимірювань вертикальних сил. Це пов'язано з недосконалістю схеми наклеювання тензометричних датчиків на боковій рамі візка. Існуюча схема наклеювання є чутливою не лише до вертикальних сил, але й до поздовжніх горизонтальних сил, що діють у візку. Раніше, при випробуваннях вагонів з

візками моделі 18-100, при обробці результатів випробувань для отримання значень вертикальних сил з усього набору отриманих значень виключали ті, що були записані при розгоні та гальмуванні вагона. Однак, наявність в комплексно модернізованих візках ковзунів постійного контакту призвело до того, що поздовжні сили у візку наявні навіть при рівномірному русі вагону. Для вирішення цієї проблеми запропоновано нову схему наклейки тензометричних датчиків. Проведені випробування запропонованої схеми довели, що результати, одержані за її допомогою, є більш вірогідними.

У **третьому розділі** дисертації виконано теоретичні дослідження щодо подальшого вдосконалення комплексної модернізації візків вантажних вагонів С03.04 за рахунок використання нових елементів та зміни конструкції окремих вузлів цих візків.

Для проведення теоретичних досліджень створено розрахункову модель вантажного піввагону з комплексно модернізованими візками, за допомогою якої можливо досліджувати вплив геометричних розмірів окремих вузлів візка, а також зміни їх конструкції на динамічні та ресурсні показники вагона при русі по колії довільної конфігурації. Розроблену розрахункову схему реалізовано в програмному комплексі UmLab. На рис. 3 показано графічне відображення моделі вагону та візка окремо.

Модель вагону складається з 23 твердих тіл (кузова, двох надресорних балок, чотирьох бічних рам, чотирьох ковзунів, чотирьох колісних пар, восьми клинів), що з'єднані між собою за допомогою пружно-дисипативних елементів.

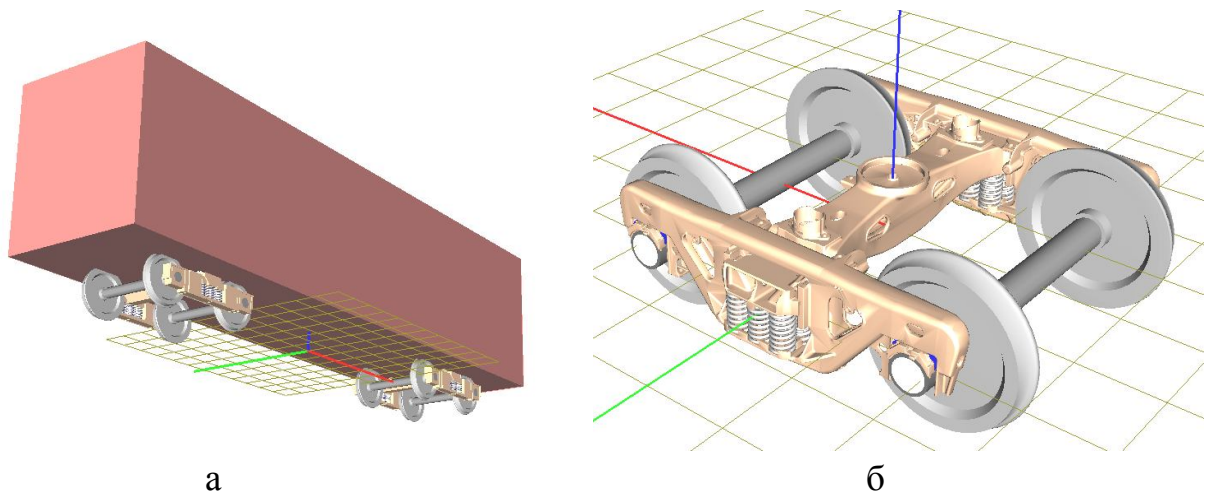


Рис. 3. Графічні образи моделей вагону та його візка в програмі UmLab:
а – модель вагону; б – модель візка

За допомогою розробленої моделі проведено дослідження щодо: доцільності використання жорстких та пружних адаптерів в буксових вузлах, вибору раціональної конструкції адаптера в буксовому вузлі, визначення раціональної схеми зчеплення між надресорною балкою та бічними рамами візка та визначення раціонального кута нахилу лицьової площини клина в комплексно модернізованих візках. Проводився аналіз динамічних показників завантаженого та порожнього вагона при русі по колії відмінного, доброго та задовільного стану зі швидкостями від 60 до 120 км/год. Розглянемо вказані дослідження детальніше.

У зв'язку із впровадженням на залізницях України та країн СНД касетних підшипників кочення замість стандартних роликів у візках моделі 18-100 та подібних до них стає необхідним використання спеціальних адаптерів, які забезпечують належну установку колісних пар відносно рами візка. Ці адаптери наразі виготовляються жорсткими (повністю металевими) або пружними (з вставками з полімеру чи іншого пружного матеріалу). При цьому геометричні розміри адаптерів обираються виходячи з необхідності забезпечення подовжніх та поперечних зазорів в буксовому вузлі, що нормовані для стандартних в країнах СНД букс. Однак у більшості сучасних візків вантажних вагонів, що виготовляються в США та інших розвинених країнах, ці зазори значно менші ніж у візка 18-100. Тому проведено дослідження для визначення раціональних значень подовжніх та поперечних зазорів в буксовому вузлі при застосуванні жорсткого адаптеру в комплексно модернізованих візках. Для цього послідовно змінювалося значення одного з зазорів при фіксованому іншому. Зміна проводилась в діапазоні від 0 до 5 мм на одну сторону буксового прорізу з кроком в 1 мм. Після кожної зміни проводились розрахунки при різних умовах руху та визначались основні динамічні показники руху вагону. На основі отриманих результатів побудовано залежності цих показників від величини подовжнього та поперечного зазорів. З'ясовано, що при використанні жорсткого адаптеру в буксовому вузлі значення сумарного подовжнього зазору має становити 1-2 мм, поперечного – 2,5-3 мм.

У дослідному візку 18-100 з елементами Шеффеля, у нових українських візках 18-7033, 18-4129 та в американських візках ICG Motion Control в буксових вузлах використано пружні адаптери. Використання таких адаптерів дозволяє зменшити величини сил, що діють між колесом та рейкою, поліпшити динамічні якості вагона та зменшити знос коліс. Саме тому виник інтерес щодо оцінки ефективності застосування пружних адаптерів в комплексно модернізованих візках.

Проведено дослідження з визначення раціональних значень параметрів жорсткості пружних адаптерів у різних напрямках. При розрахунках оцінено динамічні якості вагона при зміні величини вертикальної жорсткості C_z пружного адаптера від 10 до 100 МН/м, подовжньої C_x - від 0 до 30 МН/м, поперечної C_y - від 0 до 10 МН/м. При аналізі впливу величини жорсткості в одному з напрямків жорсткість в інших напрямках приймалася сталою. За результатами розрахунків складено табл. 1, де приведено діапазони жорсткостей в різних напрямках, при яких оцінювані динамічні показники вагону приймали найменші, та близькі до них значення.

В табл. 1 проаналізовано наступні динамічні показники: $\ddot{Z}_\Pi, \ddot{Y}_\Pi$ – вертикальне та поперечне прискорення п'ятника вагону; $\ddot{Z}_6, \ddot{Y}_6$ - вертикальне та поперечне прискорення буксових вузлів вагону; H_y/P_o - рамна сила в долях статичного осевого навантаження; B – кут виляння візка відносно кузова; ψ – кут виляння колісної пари відносно рами візка. В останньому рядку табл. 1 наведено рекомендовані значення жорсткості пружного адаптеру в буксовому вузлі для використання в комплексно модернізованих візках.

Незважаючи на різноманіття конструкцій пружних адаптерів, їх можливо розділити на два загальних типа, де жорсткість в різних напрямках реалізовано за допомогою одного пружного елемента (як, наприклад у візку Motion Control), або за допомогою різних елементів (як у візку 18-4129). Для визначення раціонального типу пружного адаптера для застосування в комплексно модернізованих візках проведено порівняння динамічних показників вагона при використанні адаптерів різної конструкції. Згідно результатів досліджень конструкція пружного адаптера мало впливає на динамічні показники вагона, тому перевагу слід надати більш простій та дешевій конструкції (наприклад такій, яка реалізована в візках Motion Control).

Таблиця 1

Динамічний показник	Діапазони раціональних значень поздовжньої, поперечної та вертикальної жорсткостей, МН/м, пружного адаптера					
	порожнього			завантаженого		
	C_x	C_y	C_z	C_x	C_y	C_z
$\ddot{Z}_{\Pi}$	7,5-22,5	0-3 5-7	0-30 50-90	-	3-7	-
$\ddot{Y}_{\Pi}$	2,5-7,5 22,5-30	0-1 3-5 7-9	0-30 90-100	17,5-22,5 27,5-30	1-3 5-7	10-30 70-90
$\ddot{Z}_6$	-	1-3 7-9	50-100	0-2,5 7,5-17,5 27,5-30	1-7	-
$\ddot{Y}_6$	2,5-7,5 12,5-22,5	0-5	50-90	0-2,5 7,5-12,5	5-7	30-50 90-100
H_y/P_o	0-7,5 17,5-30	3-5 7-9	0-30 50-70 90-100	7,5-30	1-3 7-9	0-30 50-90
B	2,5-7,5 17,5-30	3-5 7-9	0-30 50-100	2,5-7,5 17,5-30	1-9	0-10 50-70
ψ	0-12,5 22,5-30	3-5	0-30 70-100	-	1-3 7-9	50-90
Рекомендовані значення жорсткостей	18-22	4-6	70-90	18-22	5-6	70-80

У багатьох сучасних закордонних візках використовується клинова система гасіння коливань вагона, що відрізняється від тої, що застосовано в візках 18-100. Основною їх відмінністю є величина кута нахилу лицьової поверхні клина. В візках 18-100 вона становить 45° , а в деяких сучасних

закордонних візках 63° . Тому для вибору шляхів подальшого вдосконалення комплексно модернізованих візків проведено дослідження з визначення впливу кута нахилу лицьової поверхні клина на динамічні показники вагона. При розрахунках величина кута нахилу змінювалась від 30 до 70° . Виявилось, що для візка 18-100 кут нахилу 45° є раціональним, а його суттєва зміна призводить до погіршення динамічних показників вагона. Вочевидь зміну величини кута нахилу лицьової поверхні клина доцільно проводити в комплексі з іншими змінами в конструкції візка.

Однією з основних відмінностей візка 18-100 від інших сучасних візків є його недостатня «зв'язаність» в горизонтальній площині, що призводить до виникнення забігання бічних рам та до значного зменшення ресурсу пар тертя у візку. Одним із шляхів запобігання цьому є зміна схеми взаємодії надресорної балки та бічних рам. Так, якщо у візка 18-100 ці елементи взаємодіють через клини (шляхом вибору поперечних зазорів між клинами, бічними рамами та надресорною балкою), то у візків Motion Control та Barber S2D вони взаємодіють безпосередньо (при відносно невеликих зазорах між направляючими конструктивними елементами, які є частинами бічних рам та надресорної балки). Проведено дослідження з визначення впливу схеми взаємодії між основними елементами візка на динамічні показники вагона. В результаті аналізу отриманих розрахункових даних визначено, що при зміні конструкцій надресорної балки та бічних рам задля реалізації їх безпосередньої взаємодії, можливо поліпшення динамічних та ресурсних показників вагона з комплексно модернізованими візками.

Четвертий розділ дисертації присвячено теоретичним розрахункам, щодо подальшого поліпшення динамічних та ресурсних показників вантажного вагона за рахунок використання коліс з пружними дисками.

Залізничні колеса з конічними дисками, що експлуатуються на залізницях України та країн СНД, існують в майже незмінному вигляді близько 50 років. В той же час у світі вже декілька десятиліть експлуатуються колеса з дисками різної форми, які мають інші величини радіальної та осьової жорсткості. Зменшення радіальної жорсткості колеса приводить до поліпшення умов взаємодії у системі «колесо-рейка», однак величина осьової жорсткості колеса повинна залишатись достатньою задля недопущення погіршення показників горизонтальної динаміки вагону. Для розробки колеса з пружним диском, який може бути використаний в комплексно модернізованих візках вантажних вагонів, проведено комплекс досліджень за наступною схемою: відбір базових форм дисків та створення їх комп'ютерних моделей; визначення жорсткості базових форм дисків; визначення характеру зміни жорсткості базової форми диску при зміні його геометричних та фізико-механічних параметрів; відбір перспективних форм диску; визначення впливу жорсткості коліс з пружними дисками на динамічні та ресурсні показники вагона; визначення раціональної форми пружного диску колеса. За базові форми дисків відібрані такі, що отримали найбільше розповсюдження на залізницях світу. Це колеса з тарільчатою, гофрованою та S-образною формами. За кресленнями коліс з базовими формами дисків створено їх комп'ютерні моделі. За допомогою методу кінцевих елементів проведено визначення їх жорсткості в різних

напрямах. Жорсткість дисків визначалась як відношення сили, що діє в відповідному напрямку, до величини переміщень Δ характерних точок Г та В (рис. 4) на поверхні кочення.

На основі базових форм дисків створено ряд моделей, що відрізняються величиною випуклості та її напрямком. Розроблені для дослідження моделі коліс приведено на рис. 5-7 (в масштабі в горизонтальному напрямі 500:1). Кожна з розроблених моделей дисків перевірялась на міцність за допомогою методу кінцевих елементів.

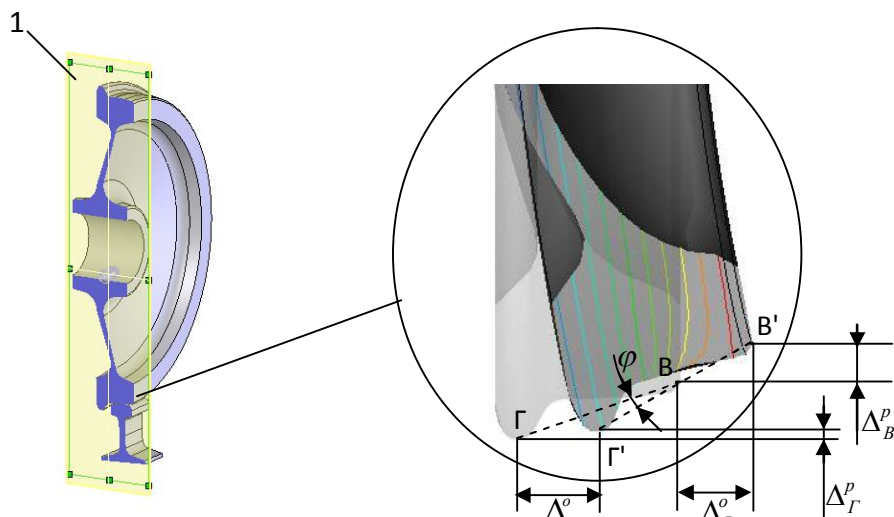


Рис. 4 Розрахункова схема та переміщення профілю кочення колеса при дії навантаження

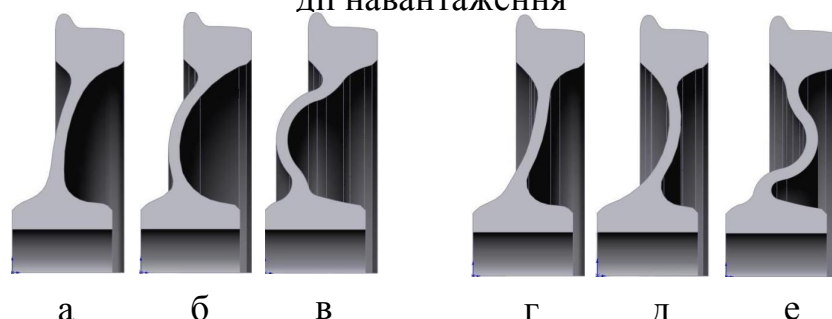


Рис. 5 Варіанти дисків тарільчатої форми

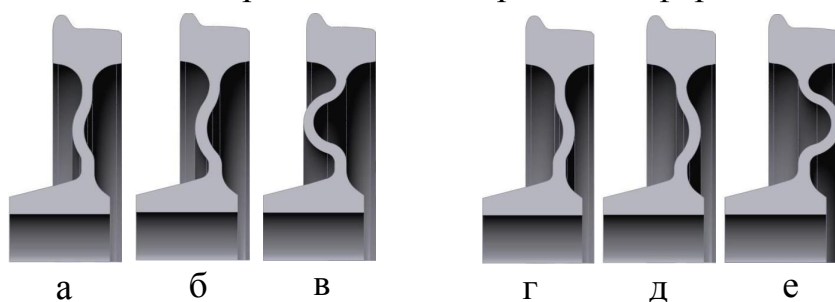


Рис. 6 Варіанти дисків гофрованої форми

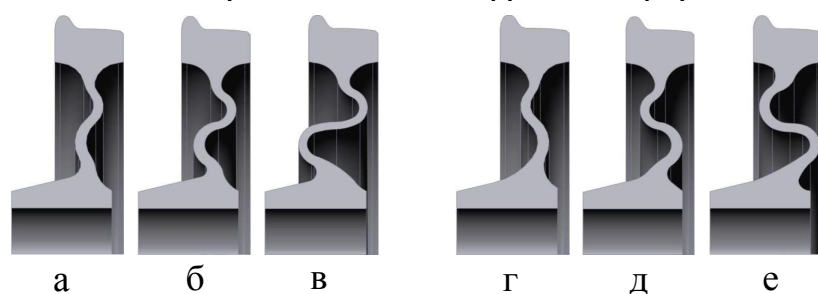


Рис. 7 Варіанти дисків S-образної форми

Аналіз отриманих даним показує, що із всіх розглянутих варіантів коліс з пружними дисками, найбільш перспективними, з точки зору мінімізації радіальної жорсткості, при незначному зниженні осьової, є колеса з тарільчатою формою диску та з S-образною формою.

Додатково проведено дослідження щодо можливості зниження радіальної жорсткості коліс за рахунок зміни товщини диску, товщини ободу та за рахунок термообробки ободу. Визначено, що можливо зменшити радіальну жорсткість коліс при застосуванні мінімально допустимої з точки зору міцності колеса товщини диску, а також при зменшенні до 40-50 мм товщини ободу диску, за умови впровадження інших заходів щодо зменшення інтенсивності зносу коліс. Проведені дослідження вказали, що термообробка ободу колеса практично не впливає на жорсткість колеса.

Для визначення впливу жорсткості колеса на динамічні та ресурсні показники вагону створено математичну модель, що дозволяє моделювати рух вантажного вагону по колії довільного окреслення в плані та враховує жорсткість коліс в різних напрямках.

Для дослідження руху вантажного вагону застосовано рівняння Лагранжа другого роду:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_v} - \frac{\partial T}{\partial q_v} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_v} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_v} = Q_v \quad (v=1,2,\dots,n),$$

де q_v – узагальнена координата;

Q_v – узагальнені сили, що не мають потенціалу;

T і Π – кінетична та потенційна енергії відповідно;

Φ – функція розсіювання енергії;

n – число ступенів свободи системи.

За узагальнені координати, що дозволяють врахувати деформацію дисків, прийнято вертикальні та горизонтальні поперечні переміщення ободу та маточини колеса.

Нижче приведено рівняння з урахуванням пружності дисків коліс:

а) для осей колісних пар із маточинами

$$\begin{aligned} a_{zh} \ddot{z}_{hei1} + a_{zh1zh2} \ddot{z}_{hei2} &= -Q_{zhei1} + \frac{m_s g}{2} - \left(1 + \frac{a_4}{2d}\right) S_{zdei1} + \frac{a_4}{2d} S_{zdei2} + \\ &+ \frac{1}{2} \left(\frac{b_u}{d} + 1 \right) S_{zei1}^{ab} - \frac{1}{2} \left(\frac{b_u}{d} - 1 \right) S_{zei2}^{ab} - \frac{b_4}{2d} (S_{ydei1} + S_{ydei2}); \\ a_{zh} \ddot{z}_{hei2} + a_{zh1zh2} \ddot{z}_{hei1} &= -Q_{zhei2} + \frac{m_s g}{2} - \left(1 + \frac{a_4}{2d}\right) S_{zdei2} + \frac{a_4}{2d} S_{zdei1} + \\ &+ \frac{1}{2} \left(\frac{b_u}{d} + 1 \right) S_{zei2}^{ab} - \frac{1}{2} \left(\frac{b_u}{d} - 1 \right) S_{zei1}^{ab} + \frac{b_4}{2d} (S_{ydei1} + S_{ydei2}); \end{aligned}$$

$$a_{yh}\dot{y}_{hei} = -Q_{yhei} + \sum_{j=1}^2 (S_{yeij}^{ab} - S_{ydeij}),$$

б) для ободів коліс

$$a_{zo}\ddot{z}_{oeij} = -Q_{zoeij} + m_o g + S_{zdeij} - S_{Bzej}^{(1)} - S_{Bzej}^{(2)};$$

$$a_{yo}\dot{y}_{oeij} = -Q_{yoeij} + S_{ydeij} - S_{Byeij}^{(1)} - S_{Byeij}^{(2)} - \Delta z'_{eij} (S_{Bzej}^{(1)} + S_{Bzej}^{(2)});$$

$$a_{\theta o}\ddot{\theta}_{oeij} = -Q_{\theta oej} + (a_1 + a_5)S_{zdeij} - b_1 S_{ydeij} + (-1)^j (a_2 S_{Bzej}^{(1)} + a_3 S_{Bzej}^{(2)} + b_2 S_{Byeij}^{(1)} + b_3 S_{Byeij}^{(2)});$$

в) для рейок

$$a_{yr}\dot{y}_{reij} = -S_{yeij}^{in} + \Delta z'_{eij} (S_{Bzej}^{(1)} + S_{Bzej}^{(2)}) + S_{Byeij}^{(1)} + S_{Byeij}^{(2)};$$

$$a_{zr}\ddot{z}_{reij} = -S_{zeij}^{in} + S_{Bzej}^{(1)} + S_{Bzej}^{(2)}.$$

При складанні рівнянь прийнято наступні позначення:

$$a_{yh} = m_s = m_h + \frac{1}{2}m_d + \frac{1}{2}m_a; \quad a_{zh} = \frac{1}{4}(m_s + d^{-2}I_{xs});$$

$$a_{zh1zh2} = \frac{1}{4}(m_s - d^{-2}I_{xs}); \quad a_{zo} = a_{yo} = m_o + \frac{1}{2}m_d;$$

$$a_{\theta o} = I_{xo}; \quad a_{zr} = m_{zr}; \quad a_{yr} = m_{yr};$$

$$S_{zdeij} = K_{dz}(z_{heij} - z_{oeij} + (-1)^j(a_4\theta_{hei} - (a_1 + a_5)\theta_{oeij})) + \beta_{dz}(z_{heij} - z_{oeij} + (-1)^j(a_4\theta_{hei} - (a_1 + a_5)\theta_{oeij}));$$

$$S_{ydeij} = K_{dy}(y_{heij} - y_{oeij} - b_4\theta_{hei} - b_1\theta_{oeij}) + \beta_{dy}(\dot{y}_{heij} - \dot{y}_{oeij} - b_4\dot{\theta}_{hei} - b_1\dot{\theta}_{oeij}),$$

де z, y, θ – узагальнені координати, що відповідають переміщенням твердого тіла у вертикальному і горизонтальному напрямках, а також куту його повороту відносно поздовжньої вісі;

e, i, j – індекси відповідні номерам: візка ($e=1,2$), колісної пари за напрямом руху ($i=1,2$) та колеса в колісній парі ($j=1$ – ліве колесо, $j=2$ – праве колесо);

m_h, m_d, m_o, m_a – маса відповідно маточини, диску, ободу колеса, а також вісі колісної пари;

m_{zr}, m_{yr} – приведена до колеса маса колії в вертикальному та горизонтальному напрямках;

I_x – головний центральний момент інерції тіла, що розглядається відносно поздовжньої вісі;

$2d$ – відстань між колами кочення колісної пари;

g – прискорення вільного падіння;

$\Delta z'_{eij}$ – похідна вертикального зміщення колеса відносно рейки Δz по їх взаємному зміщенню в горизонтальному поперечному напрямі Δy ;

Q_{qi} – узагальнені сили, що враховують криволінійний контур рейкової колії;

$S_{yeij}^{ab}, S_{zeij}^{ab}$ – відповідно поперечна горизонтальна і вертикальна сили у eij -ому буксовому вузлі;

K_{dz}, K_{dy} – вертикальна і горизонтальна складові жорсткості диска колеса;

β_{dz}, β_{dy} – коефіцієнти розсіяння енергії в диску колеса при деформаціях у вертикальному і горизонтальному напрямках;

S_{ydeij}, S_{zdeij} – поперечна горизонтальна і вертикальна сили в диску eij -го колеса;

$S_{Byeij}^{(1)}, S_{Bzeij}^{(1)}, S_{Byeij}^{(2)}, S_{Bzeij}^{(2)}$ – горизонтальні і вертикальні складові сил взаємодії у 1-ій та 2-ій точках контакту eij -го колеса з рейкою (якщо контакт одноточковий, то $S_{Byeij}^{(2)} = S_{Bzeij}^{(2)} = 0$);

$S_{yeij}^{in}, S_{zeij}^{in}$ – поперечна горизонтальна і вертикальна пружно-дисипативні складові сили в підрейковій основі;

$2b_u$ – відстань в поперечному напрямі між центральними вертикальними осями буксових вузлів;

a_1, b_1 і a_4, b_4 – горизонтальні і вертикальні відстані до центрів мас відповідно обода і маточини точок кріплення до них диска;

a_2, b_2 і a_3, b_3 – горизонтальні і вертикальні відстані точок контакту з рейкою до центру мас обода;

a_5 – відстань по горизонталі між центрами мас маточини і обода.

Досліджено вплив на динаміку вагону окремо радіальної жорсткості коліс і окремо осьової. Радіальна жорсткість колеса C_r змінювалася в межах від 600 до 2700 МН/м, з кроком в 300 МН/м (при постійній осьовій жорсткості 70 МН/м), а осьова C_o – від 40 до 100 МН/м (при постійній радіальній жорсткості 1500 МН/м).

Оцінювались наступні динамічні характеристики вагона : $\ddot{Z}_n, \ddot{Y}_n$ – вертикальне та поперечне прискорення п'ятника вагону, коефіцієнт

вертикальної динаміки кузова K_{dv} і рамна сила в долях статичного осьового навантаження H_y/P_o . Для кожного процесу були розраховані максимальні значення з довірчою вірогідністю 0,999.

Згідно з результатами досліджень, проведених у рамках цього розділу дисертаційної роботи, можна зробити наступні висновки:

- форма дисків коліс мало впливає на динамічні якості вагонів при їх русі по колії відмінного стану. При погіршенні стану колії вплив зміни форми диска проявляється більшою мірою. При цьому вагон з S-образними дисками коліс має кращі динамічні показники;
- при використанні коліс з S-образними дисками можливе зниження зносу гребенів на 8-10%;
- найбільшого поліпшення динамічних показників горизонтальної динаміки вагону можна досягти при використанні S-образного диска з величиною радіальної жорсткості 1300-1700 МН/м, осьової - 60-70 МН/м і товщиною обода 40-50 мм.

ВИСНОВКИ

У дисертації розв'язано актуальну науково-практичну задачу поліпшення динамічних та ресурсних показників вантажних вагонів з комплексно модернізованими візками. Основні наукові результати дисертаційної роботи полягають у наступному:

1 Проаналізовано дані про стан вантажних вагонів з комплексно модернізованими візками в мережі загальної експлуатації залізниць України та в дослідних маршрутах Роковата – Ужгород – Кошице. Розроблено пропозиції щодо вирішення найбільш важливих задач, пов'язаних з установкою елементів модернізації, з ремонтом і експлуатацією вантажних вагонів з комплексно модернізованими візками. Покращено ресурсні показники деяких елементів модернізації. Запропоновано нову схему вимірювання вертикальних сил, яка дозволяє під час проведення ходових динамічних випробувань отримувати більш достовірні результати.

2 Розроблено розрахункову модель та створено математичну модель для проведення досліджень з метою визначення впливу зміни конструкції існуючих та застосування нових елементів в складі комплексно модернізованих візків, а також для дослідження впливу радіальної та осьової жорсткості коліс на динамічні та ресурсні показники вантажних вагонів.

3 Розглянуто залежність жорсткості залізничного колеса у різних напрямках від його геометричних і фізико-механічних параметрів. Досліджено вплив жорсткості колеса з пружним диском на динамічні і ресурсні показники вагонів з комплексно модернізованими візками. Запропоновано перспективну модель колеса з пружним диском, використання якої дозволить поліпшити динамічні і ресурсні показники вантажних вагонів.

4 Досліджено можливі шляхи подальшого поліпшення комплексної модернізації візків. Визначено раціональні значення зазорів в буксових вузлах при використанні жорстких адаптерів, а також величини жорсткості пружних адаптерів. Запропоновано поліпшену схему взаємодії надрессорної балки і бічних рам візка. Вибрано перспективну конструкцію буксового адаптера для використання в комплексно модернізованих візках.

СПИСОК ОСНОВНИХ ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Пасичник С.С. Выбор рациональных схем расположения тензорезисторов на боковине тележки для измерения вертикальных сил / С.С. Пасичник // Техническая механика. – Днепропетровск: ИТМ. 2004. – Вып.2. – с. 76-80.
2. Ушкалов В.Ф. Об измерении вертикальных сил при проведении ходовых динамических испытаний грузовых вагонов / В.Ф. Ушкалов, С.А. Кострица, А.В. Султан, Е.М. Дзичковский, Е.Ф. Федоров С.С. Пасичник// Вагонный парк Украины – 2010. – №5. – С. 14-16.
3. Ушкалов В. Ф. Комплексная модернизация ходовых частей грузовых вагонов /В.Ф. Ушкалов, Т.Ф. Мокрий, И.А. Машенко, И.Ю. Малышева, С.С. Пасичник //Вагонный парк Украины – 2007. – №2. – С. 18-22.
4. Пасичник С.С. Защита от выпадения роликов в скользунах комплексно модернизированных тележек грузовых вагонов /С.С. Пасичник //Залізничний транспорт України. – Киев: 2009. – Вып. 2/1. – С. 89-90.
5. Ушкалов В.Ф. Исследование влияния остаточных деформаций упругих блоков боковых скользунов постоянного контакта на устойчивость движения и динамические качества полувагона с комплексно модернизированными тележками / В.Ф. Ушкалов, Т.Ф. Мокрий, И.Ю. Малышева, С.С. Пасичник, И.В. Рухлов // Техническая механика. – Днепропетровск: ИТМ. 2009. – Вып. 2. – С. 55-58.
6. Пасичник С.С. Изменения конструкции скользуна комплексно модернизированной тележки для предотвращения потери ролика во время эксплуатации. / С.С. Пасичник //Вагонный парк Украины – 2010. – №1. – С. 3-5.
7. Ушкалов В.Ф. О способах уменьшения износа колес и рельсов / В.Ф. Ушкалов, С.С. Пасичник, И.В. Подбельников // Залізничний транспорт України. – 2010. – №5. – С.47 – 49.
8. Пасичник С.С. Влияние геометрии диска железнодорожного колеса на его радиальную и осевую жесткости / С.С. Пасичник // Техническая механика. – Днепропетровск: ИТМ. 2010. – Вып. 3. – С. 3-7.
9. Ушкалов В.Ф. О совершенствовании комплексной модернизации тележек грузовых вагонов / В.Ф. Ушкалов, С.С. Пасичник, И. В. Подбельников // Вагонный парк. – № 12. – 2011. – С. 8–11.

СПИСОК ДОДАТКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

10. Ушкалов В.Ф. Установка дополнительных элементов при комплексной модернизации тележек грузовых вагонов / В.Ф. Ушкалов, С.С. Пасичник, Д.И. Гриценко // Проблемы механики железнодорожного транспорта: Динамика, прочность и безопасность движения подвижного состава. XI Международная

конференция. Тезисы докладов. – Д.: Изд-во Полный компьютерный сервис. – 2004. – с. 15.

11. Ушкалов В.Ф. Исследование влияния формы диска колеса на динамические показатели грузовых вагонов с модернизированными тележками / В.Ф. Ушкалов, Т.Ф. Мокрый, И.Ю. Малышева, С.С. Пасичник // Материалы XII международной конференции “Проблемы механики железнодорожного транспорта – Безопасность движения, динамика, прочность подвижного состава и энергосбережение” – Днепропетровск. – 2008. – С. 125.

12. Пасичник С.С. Особенности эксплуатации и ремонта комплексно модернизированных тележек грузовых вагонов / С.С. Пасичник, И.В. Подбельников, И.В. Рухлов // Материалы XII международной конференции “Проблемы механики железнодорожного транспорта – Безопасность движения, динамика, прочность подвижного состава и энергосбережение” – Днепропетровск. – 2008. – С. 122.

13. Ушкалов В.Ф. Об измерении вертикальных сил при проведении ходовых динамических испытаний грузовых вагонов / В.Ф. Ушкалов, С.А. Кострица, А.В. Султан, Е.М. Дзичковский, Е.Ф. Федоров С.С. Пасичник // Материалы XII международной конференции “Проблемы механики железнодорожного транспорта – Безопасность движения, динамика, прочность подвижного состава и энергосбережение” – Днепропетровск. – 2008. – С. 158.

14. Пасичник С.С. О комплексной модернизации тележек грузовых вагонов / С.С. Пасичник // Материалы международной научно-практической конференции “Информационные технологии в управлении сложными системами” – Днепропетровск. – 2008. – С. 112.

15. Пасичник С.С. Оценка состояния грузовых вагонов с комплексно модернизированными тележками и учет его при моделировании движения таких вагонов / С.С. Пасичник, И.В. Подбельников, И.В. Рухлов // Материалы международной научно-практической конференции “Информационные технологии в управлении сложными системами” – Днепропетровск. – 2008. – С. 180.

16. Пасичник С.С. Изменение динамических характеристик грузовых вагонов при использовании колес с упругими дисками / С.С. Пасичник // Материалы международной научно-практической конференции “Информационные технологии в управлении сложными системами” – Днепропетровск. – 2008. – С. 86.

17. Ушкалов В.Ф. Перспективы модернизации тележек грузовых вагонов / В.Ф. Ушкалов, Т.Ф. Мокрый, С.С. Пасичник // Материалы международной партнерской конференции: «Проблемы подвижного состава: Пути решения через взаимодействие государственного и частного секторов.» – Харьков. – 2010. – С. 15-17.

18. Ушкалов В.Ф. О путях дальнейшего совершенствования тележек грузовых вагонов / В.Ф. Ушкалов, С.С. Пасичник, И.В. Подбельников // Вторая международная партнерская конференция “Проблемы подвижного состава: пути решения через взаимодействие государственного и частного секторов” – Ялта – 2011. – С. 30.

АНОТАЦІЇ

Пасічник С.С. Поліпшення динамічних і ресурсних показників вантажних вагонів з комплексно модернізованими візками. - Рукопис.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.22.07 - рухомий склад і тяга поїздів. - Інститут технічної механіки Національної академії наук України і Національного космічного агентства України, Дніпропетровськ, 2012.

Дисертацію присвячено розробці пропозицій щодо спрощення обслуговування комплексно модернізованих візків вантажних вагонів при їх експлуатації і ремонті, а також подальшому розвитку комплексної модернізації візків за рахунок використання нових елементів.

Ґрунтуючись на даних спостережень за станом вагонами з комплексно модернізованими візками, що експлуатуються, визначено та розв'язано ряд питань, пов'язаних з поліпшенням технології встановлення елементів модернізації, експлуатацією і ремонтом таких вагонів. Зокрема, проведено розрахунки і розроблено нові конструкції корпусу пружно-коткового ковзуну, що виключають випадки випадання роликів при експлуатації візків; запропоновано зміни в систему переточувань коліс, що дає значне збільшення їх ресурсу; розроблено і випробувано нову схему вимірювання вертикальних сил що діють на візок при проведенні ходових динамічних випробувань вантажних вагонів, використання якої дозволяє підвищити достовірність отримуваної інформації, та ін.

Проведено теоретичні дослідження спрямовані на подальший розвиток комплексної модернізації за рахунок використання в буксових вузлах касетних підшипників, як з жорсткими, так і з пружними адаптерами. Визначено раціональні значення зазорів в буксових вузлах при використанні жорстких адаптерів і раціональні значення жорсткості для пружних адаптерів. Розглянуто варіанти поліпшення схеми з'єднання між надресорною балкою і бічними рамами, а також ряд змін в клиновій системі гасіння коливань.

Розроблено математичну модель вантажного вагона, що дозволяє враховувати жорсткість дисків коліс у різних напрямках. За допомогою цієї математичної моделі визначено раціональні значення жорсткості коліс з пружними дисками. Проведено дослідження щодо оцінки впливу геометричних і фізико-механічних параметрів коліс на їх жорсткість у різних напрямках. Знайдено раціональну форму диска залізничного колеса для застосування в комплексно модернізованих візках.

Використання отриманих при виконанні дисертації результатів дозволить поліпшити динамічні і ресурсні показники вантажних вагонів з комплексно модернізованими візками, а також підвищить ефективність оновлення парку вантажних вагонів.

Ключові слова: комплексна модернізація візків, динамічні і ресурсні показники вантажних візків, знос гребенів коліс, пружний диск, адаптери буксових вузлів, оновлення парку вантажних вагонів.

Пасичник С.С. Улучшение динамических и ресурсных показателей грузовых вагонов с комплексно модернизированными тележками. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – подвижной состав и тяга поездов. – Институт технической механики Национальной академии наук Украины и Национального космического агентства Украины, Днепропетровск, 2012.

Диссертация посвящена разработке предложений по упрощению обслуживания комплексно модернизированных тележек грузовых вагонов при их эксплуатации и ремонте, а также дальнейшему развитию комплексной модернизации тележек за счет использования новых элементов.

Известно, что на железных дорогах Украины и стран СНГ в последние десятилетия парк грузовых вагонов обновлялся в недостаточной степени. Так, согласно статистике около 90% грузовых вагонов уже приблизились к граничному сроку службы. К тому же у отечественных вагонов используются преимущественно технически устаревшие и малоэффективные тележки модели 18-100.

Библиографический поиск показал, что наиболее эффективным решением проблемы обновления грузового подвижного состава является применение комплексной модернизации тележек (проект С03.04), которая позволяет при незначительных финансовых затратах существенно улучшить динамические и ресурсные показатели грузовых вагонов. Причем указанная модернизация может быть выполнена как при постройке новых вагонов, так и при проведении плановых ремонтов вагонов, находящихся в эксплуатации.

Основываясь на данных наблюдений за состоянием эксплуатируемых вагонами с комплексно модернизированными тележками, в диссертации обозначен и решен ряд вопросов, связанных с усовершенствованием технологии установки элементов модернизации, эксплуатацией и ремонтом таких вагонов. В частности, проведены расчеты и разработаны новые конструкции корпуса упруго-каткового скользунa, предотвращающие случаи выпадения роликов при эксплуатации тележек; предложены изменения в систему переточек колес, что дает существенное увеличение их ресурса; разработана и испытана новая схема измерений действующих на тележку вертикальных сил при проведении ходовых динамических испытаний грузовых вагонов, применение которой позволяет повысить достоверность получаемой информации, и др.

Проведены теоретические исследования, направленные на дальнейшее развитие комплексной модернизации тележек грузовых вагонов за счет использования в буксовых узлах кассетных подшипников, как с жесткими, так и с упругими адаптерами. Определены рациональные значения зазоров в буксовых узлах в случае использования жестких адаптеров и рациональные значения жесткости для упругих адаптеров. Рассмотрены варианты улучшения схемы сочленения надрессорной балки и боковых рам, а также ряд изменений в клиновой системе гашения колебаний.

Разработана математическая модель грузового вагона, позволяющая учитывать жесткость дисков колес в разных направлениях. С помощью этой

математической модели определены рациональные значения жесткости колес с упругими дисками. Проведены исследования по оценке влияния геометрических и физико-механических параметров колес на их жесткость в разных направлениях. Найдена рациональная форма диска железнодорожного колеса для применения в комплексно модернизированных тележках.

Использование полученных при выполнении диссертации результатов позволит улучшить динамические и ресурсные показатели грузовых вагонов с комплексно модернизированными тележками, а также повысит эффективность обновления парка грузовых вагонов.

Ключевые слова: комплексная модернизация тележек, динамические и ресурсные показатели грузовых тележек, износ гребней колес, упругий диск, адаптеры буксовых узлов, обновление парка грузовых вагонов.

Pasichnik S.S. Improvement of dynamic and resource characteristics of the complex modernized bogies of freight cars. - Manuscript.

The thesis for a candidate degree of technical sciences by specialty 05.22.07 – rolling stock and traction of trains. – Institute of Technical Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine and the National Space Agency of Ukraine, Dniepropetrovsk, 2012.

Dissertation is devoted to development of suggestions to reduction of service of complex modernization of bogies with exploitation and repair them, and also further development of complex modernization with using of new elements of bogies.

In dissertation, being base on data of watching cars with the complex modernized bogies, the problem issues related to technology of installing elements of modernization are certain, by exploitation and repairs of such cars. Recommendations are worked out on permission of these problems. The improvements of technology of realization of modernization are offered, theoretical calculations are conducted and the new constructions of case of side bearings, preventing cases falls of rollers, are worked out, the new chart of measuring of vertical forces is worked out and tested during realization of working dynamic tests, allowing to promote authenticity of the got results. Offered change in the system of regrinds of wheels, allowing considerably to increase their resource.

Theoretical studies referred to further development of project of complex modernization due to the use of the cassette bearing with hard or resilient adapters in box knots. The rational values of gaps in box knots at the use of hard adapters and parameters of inflexibility of resilient adapters are certain. Considered some variants to use of the improved method of interaction between a bolster and lateral frames, and some changes of wedges system of antihunting.

The mathematical model of freight car, allowing to take into account inflexibility of wheels in various directions, is worked out.

The rational values of inflexibility of wheels with resilient disks are certain. Researched on determination of influence of geometrical and physical-mechanical properties of wheels on their inflexibility in various directions. The rational form of disk of railway wheel is certain for the use in the complex modernized bogies.

Drawing on the results got in dissertation will allow to improve the dynamic and resource characteristics of freight cars with the complex modernized bogies, and also will promote safety of motion.

Keywords: complex modernization of bogies, dynamic and resource characteristics of freight bogies, wear of combs of wheels, resilient disk, adapters of box knots.

Пасічник Сергій Сергійович

**ПОЛІПШЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ТА РЕСУРСНИХ
ПОКАЗНИКІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ З
КОМПЛЕКСНО МОДЕРНІЗОВАНИМИ ВІЗКАМИ**

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Підписано до друку 24.____09____.2012 р. Формат 60×84 1/16.

Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,0.

Тираж 110 прим. Зам. № 1378

Видавництво Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до держ. реєстру видавців, вигот. видавн. продукції
Серія ДК №1315 від 31.03.03

49010, Дніпропетровськ, вул. акад. В. Лазаряна, 2
www.dnitrvv.dp.ua