

Міністерство освіти і науки України  
Державний університет інфраструктури та технологій

**ЩЕРБИНА ЮРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ**

УДК 629.4.027

**ПОЛПШЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ  
ГІДРАВЛІЧНИХ ДЕМПФЕРІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ  
ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ЇХ КОНСТРУКЦІЇ**

Спеціальність 05.22.07 – Рухомий склад залізниць і тяга поїздів

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

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі «Вагони та вагонне господарство» Державного університету інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України і Державному науково-дослідному центрі залізничного транспорту Укрзалізниці (ДП «ДНДЦ УЗ») (м. Київ).

**Науковий керівник** кандидат технічних наук, доцент  
**Іщенко Вадим Миколайович**,  
завідувач кафедри «Вагони та вагонне господарство»  
Державного університету інфраструктури та технологій  
(м. Київ)

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Маслієв В'ячеслав Георгійович**,  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
професор кафедри «Електричний  
транспорт та тепловозобудування»

кандидат технічних наук  
**Сафронов Олександр Михайлович**,  
Державне підприємство «Український  
науково-дослідний інститут  
вагонобудування» (м. Кременчук), директор

Захист дисертації відбудеться «18» грудня 2018 р. о 13<sup>00</sup> на засіданні спеціалізованої вченої ради К26.820.01 при Державному університеті інфраструктури та технологій за адресою: 03049, м. Київ, вул. І.Огієнка, 19, ауд. №305а.

З дисертацією можна ознайомитися в науковій бібліотеці Державного університету інфраструктури та технологій за адресою: 03049, м. Київ, вул. І. Огієнка, 19.

Автореферат розіслано \_\_\_\_\_ 2018 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради К 26.820.01,  
к. т. н., доцент



Молчанов В.М.

## **ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність теми дослідження.** Динамічні показники вагона залежать від ефективності роботи гідравлічних гасителів коливань. Значну роль при цьому відіграють наступні фактори: місце розташування гасителів, особливості встановлення, напрямок дії, технічна справність гасителя.

Удосконалення конструкції гасителя коливань, покращення його силових характеристик, стабільність роботи, спроможність максимально гасити коливання динамічної системи - є однією з найважливіших задач транспортної науки і практики. Не менш важливим фактором є здемпфірованість системи в цілому.

Дисертаційна робота присвячена дослідженню гідравлічних гасителів коливань візків пасажирських вагонів засобами комп'ютерного імітаційного моделювання механічної системи з використанням програмно орієнтованого комплексу «Универсальный механизм», розглянуті питання покращення в роботі гідравлічного гасителя коливань НЦ – 1100 шляхом проведення конструктивних змін окремих вузлів за розробленим автором проектом. Вирішуються питання поліпшення функціонування гідравлічного гасителя коливань за рахунок проведення комплексу заходів з удосконалення його окремих складових. Проведення теоретичних і експериментальних досліджень, які спрямовані на підвищення ефективності функціонування гідравлічних гасителів є актуальною задачею динаміки пасажирського рухомого складу.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дисертаційна робота виконана на кафедрі «Вагони та вагонне господарство» Державного університету інфраструктури та технологій і Державному науково-дослідному центрі залізничного транспорту України ДП «ДНДЦ УЗ» в період з 2005 по 2018р.р. відповідно до Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки, затвердженою наказом Мінтрансзв'язку України від 14.10.2008р. №1259 та науково-дослідних робіт за темами: 24-2005Б «Визначення раціональних техніко-експлуатаційних характеристик екіпажних частин високошвидкісного рухомого складу», «Обґрунтування та визначення вимог щодо взаємодії екіпажної частини та колії для швидкостей 160-200 км/год шляхом імітаційного моделювання» за договором №82/2012-ЦТех-214/2012-ЦЮ від 21.09.2012р., «Визначення впливу працездатності гідравлічних гасителів коливань на динамічні показники вагонних конструкцій засобами імітаційного комп'ютерного моделювання» ДР№0116U008469. У виконанні вказаних науково-дослідних робіт автор безпосередньо брав участь як виконавець і співавтор наукових звітів.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційного дослідження є поліпшення експлуатаційних показників гідравлічних гасителів коливань в системі демпфірування пасажирських вагонів шляхом удосконалення їх конструкції.

Відповідно до мети дослідження в дисертації поставлені і вирішуються наступні завдання:

- аналіз наукових публікацій, що присвячені теоретичним та експериментальним дослідженням експлуатаційних характеристик систем демпфірування пасажирських вагонів;
- аналіз існуючих систем демпфірування пасажирських вагонів;
- аналіз статистичної інформації про несправності гідравлічних гасителів коливань пасажирських вагонів в експлуатації;
- проведення досліджень динамічних характеристик пасажирського вагона на підставі розроблених математичних моделей та програмного забезпечення;
- оцінка впливу характеристик демпфірування коливань на динамічні властивості пасажирського вагона при змінах технічного стану гасителів;
- на підставі розробленої математичної моделі виконати теоретичні дослідження з визначення повздовжніх зусиль, що виникають у вузлах з'єднання гасителя коливань з елементами конструкції вагона;
- розробити рекомендації щодо удосконалення конструкції гідравлічного гасителя коливань з метою поліпшення характеристик демпфірування;
- провести експериментальні дослідження ефективності демпфірування гідравлічних гасителів коливань удосконаленої конструкції;
- виконати техніко-економічне обґрунтування розроблених рішень удосконалення конструкції гідравлічних гасителів коливань пасажирських вагонів.

**Об'єкт дослідження** – гідравлічні гасителі коливань системи демпфірування пасажирських вагонів.

**Предметом дослідження** – закономірності зміни працездатності гідравлічних гасителів коливань впродовж встановленого терміну міжремонтного періоду та їх вплив на коефіцієнти вертикальної динаміки та запасу стійкості, вертикальні та горизонтальні прискорення, показники плавності руху пасажирських вагонів.

**Методи дослідження.** Вирішення поставлених задач виконувалось на основі аналізу і наукового узагальнення досліджень систем демпфірування

пасажирського рухомого складу. Результати досліджень отримані методами: статистики (обробка результатів досліджень), автоматизованого проектування (побудова елементів конструкцій), комп'ютерного моделювання (дослідження показників динаміки пасажирського вагона), скінчених елементів (аналіз напруженого стану конструкцій), експериментального дослідження (на дійсному обладнанні).

### **Наукова новизна отриманих результатів** полягає в наступному:

*вперше:*

- отримано залежності повздовжніх сил в вузлах кріплення гідравлічних гасителів коливань з урахуванням жорсткості повідка на підставі методів комп'ютерного моделювання;

- уточнено експериментально залежності параметрів в'язкого опору від кількості робочої рідини в гасителі коливань, що визначає ступінь працездатності гідравлічного демпфера і його вплив на зміни коефіцієнтів вертикальної динаміки та запасу стійкості, вертикальні та горизонтальні прискорення, показники плавності руху пасажирських вагонів;

- запропоновано метод оцінювання енергетичної ефективності роботи гідравлічного гасителя коливань з урахуванням дійсної площі робочої діаграми.

*удосконалено:*

- імітаційну модель динаміки пасажирського вагона з використанням принципу варіативності відхилень параметрів непружного опору за розрахунковий цикл гідравлічних гасителів коливань в експлуатації.

*набули подальшого розвитку:*

- метод розрахунку динамічних показників пасажирського вагону на базі розробленої комп'ютерної моделі динаміки, що дозволяє отримати залежності цих показників від змін параметрів в'язкого опору гідравлічного амортизатора;

- запропонований метод дослідження впливу несправностей гідравлічного гасителя коливань на його працездатний стан, який враховує появу зносів відповідальних пар тертя пристрою.

### **Практичне значення отриманих результатів** полягає в наступному:

- удосконалено конструкцію гідравлічного гасителя коливань, що забезпечує стабільність його роботи впродовж встановленого терміну міжремонтного періоду пасажирського вагона;

- запропонована та запатентована удосконалена конструкція вузла кріплення гідравлічного гасителя коливань;

- впроваджено в навчальний процес Державного університету інфраструктури та технологій кафедри «Вагони та вагонне господарство» при

вивченні дисциплін: «Вагони (конструювання та розрахунки)», «Технологія вагонобудування та ремонту вагонів».

**Особистий внесок здобувача.** Основні положення та результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. Наукові публікації [6, 11] опубліковано без співавторів. У працях, опублікованих у співавторстві, дисертанту належать:

- розроблення базової комп'ютерної моделі динаміки пасажирського вагона на візках типу КВЗ-ЦНИИ;
- проведення комплексних заходів, пов'язаних з геометричним відтворенням та відповідністю моделі існуючим конструкціям екіпажних частин пасажирських вагонів швидкісного руху;
- дослідження впливу змін параметрів опору гасителя коливань на динамічні показники пасажирського вагона при проведенні чисельних розрахунків комп'ютерної моделі;
- розроблення проекту удосконалення гідравлічного гасителя коливань типу НЦ-1100 з підготовкою комплексу конструкторської документації;
- проведення експериментальних досліджень впливу появи несправностей гасителя коливань на його працездатний стан на стендовому обладнанні;
- розроблення методу оцінювання енергетичної ефективності гідравлічного гасителя коливань;
- проведення стендових випробувань дослідних зразків гідравлічного амортизатора удосконаленої конструкції.

**Апробація результатів дослідження.** Основні теоретичні, методологічні і практичні результати, отримані в дисертації, доповідались на:

- IV, VI Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління економіка і технології» (Київ, 2008, 2013);
- XI Міжнародному симпозиумі українських інженерів-механіків (Львів, 2013);
- XV Міжнародній науково-технічній конференції «Прогресивна техніка, технологія і інженерна освіта» (Київ, 2014);
- VII Міжнародній науково-практичній конференції (Одеса, 2017).

**Публікації.** Основні положення дисертаційної роботи викладені в 20 науково-технічних працях, з них: 5 статей у фахових виданнях України; 2 статті у виданні, що включене до міжнародних науково-метричних баз, Index Copernicus, eLibrary; 8 тез доповідей та матеріалів конференцій.

**Структура і обсяг роботи.** Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, списку використаних джерел і додатків.

Повний обсяг дисертації містить 198 сторінок, у тому числі 144 сторінки основного тексту, 102 рисунки, 24 таблиці, список використаних джерел з 142 найменувань на 14 сторінках, 5 додатків на 19 сторінках.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

У вступі обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мета і завдання дослідження, наукова новизна отриманих результатів, розкрито теоретичне і практичне значення роботи.

У **першому розділі** проводиться огляд наукових публікацій за темою, виконано аналіз існуючих систем демпфірування пасажирських вагонів та методів контролю технічного стану гідравлічних гасителів коливань.

Значний вклад в розвиток динаміки рейкового рухомого складу внесли дослідження вітчизняних та закордонних вчених: Ю.В. Дьоміна, М.Б. Кельріха, Г.Ю. Черняк, С.В. Вершинського, М.Ф. Веріго, В.А. Лазаряна, Л.А. Шадура, Е.П. Блохіна, М.І. Горбунова, П.С. Анісімова, І.В. Бірюкова, М.С. Бачуріна, Ю.П. Бороненко, В.М. Данілова, В.Д. Дановича, А.О. Камаєва, В.А. Камаєва, О.Я. Когана, А.Д. Кочнова, М.Л. Коротенко, В.М. Котуранова, В.Ф. Лапшина, О.А. Львова, Л.А. Манашкіна, С.В. Мямліна, Д.Ю. Погорелова, Г.І. Петрова, А.О. Радзіховського, А.М. Савоськіна, М.М. Соколова, О.В. Смольянінова, В.Д. Хусидова, О.О. Хохлова, І.І. Челнокова, Ю.М. Черкашина, В.Ф. Ушкалова, Г.М. Шахунянца, В.К. Гарга, Р.В. Дуккипати, Картера (Carter F.W.), Дж. Калкера (Kalker J.J.), В. Шилена (Schiehlen W) та інших.

Аналіз літературних джерел свідчить що проведено багаточисленні дослідження з визначення працездатного стану гідравлічного гасителя коливань з використанням сучасних методів контролю та діагностики, побудови математичних моделей процесів, що мають місце при роботі амортизатора, визначення факторів оцінки демпфірувальних характеристик пасажирського вагона. Серед не вирішених залишаються питання, які пов'язані з конструктивною недосконалістю існуючих амортизаторів в системах гасіння коливань пасажирських вагонів, що надає підстави для подальшого поглибленого дослідження та виокремлює напрямки роботи з пошуку раціональних технічних рішень щодо гідравлічних гасителів коливань.

Вдосконалення конструкцій пасажирського рухомого складу, який експлуатується на залізницях України, пов'язані з безперервним розвитком галузі пасажирських перевезень і пошуком оптимальних технічних рішень, спрямованих на забезпечення високих якісних показників роботи та безпеки руху. До важливих задач відносять встановлення раціональних співвідношень жорсткісних характеристик та параметрів демпфірування двоступеневої системи підвішування

пасажирських вагонів. В даному розділі дисертаційної роботи виконано огляд конструктивних відмінностей ходових частин стосовно пружно-дисипативних елементів вагонів.

Проведено аналіз контролю працездатності технічного стану гасителів коливань при стендових та стаціонарних випробуваннях. Виконано огляд існуючих стендів випробувань та процедури оцінювання працездатності гідравлічних амортизаторів під час проведення випробувань.

У **другому розділі** представлено опис побудованої методом підсистем комп'ютерної моделі динаміки пасажирського вагона на візках типу КВЗ-ЦНИИ.

Структурно комп'ютерна модель динаміки пасажирського вагона представлена на рисунку 1.

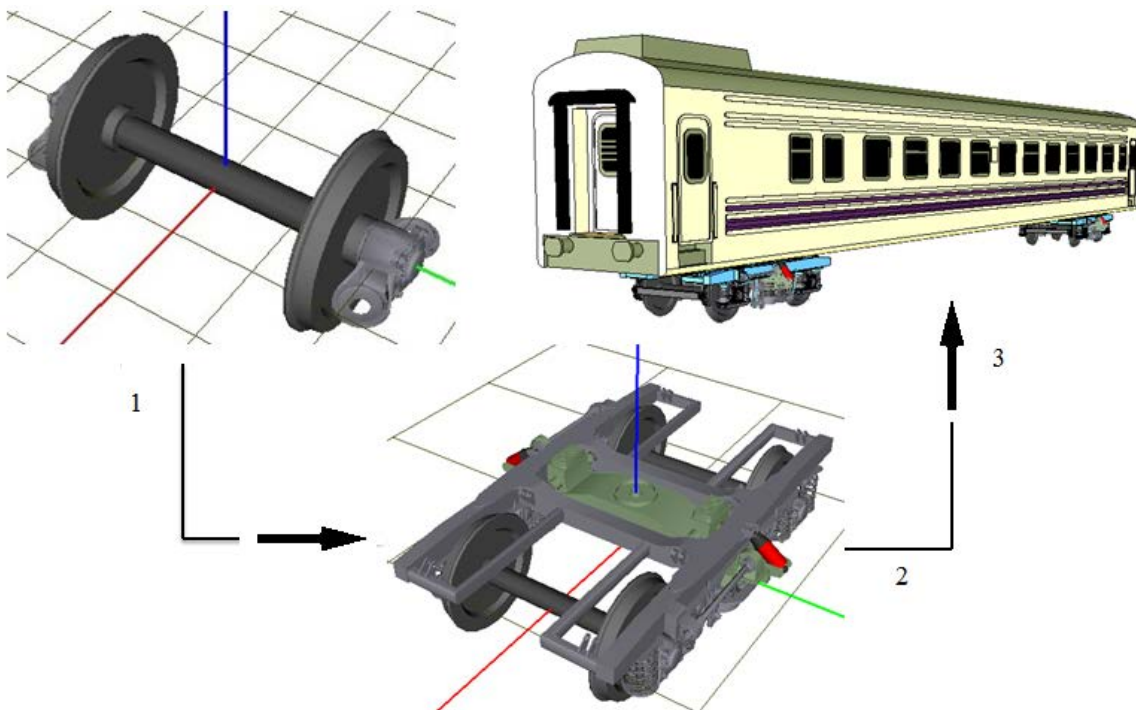


Рисунок 1 – Багаторівнева структура комп'ютерної моделі динаміки пасажирського вагона на візках типу КВЗ-ЦНИИ (1 – рівень «колісна пара з буксовими вузлами», 2 – рівень «візок», 3 – рівень «пасажирський вагон»)

Для оцінки показників динаміки в розробленій моделі сформовані 9 груп вихідних величин:

– коефіцієнти запасу стійкості  $k_{ccij}$  від сходу з рейок, де  $i = 1-4$  – номер колісної пари;  $j = 1,2$  – ліве або праве колесо;

– показники  $k_{Nij}$ , обчислені за критерієм Надаля, де  $i = 1-4$  – номер колісної пари;  $j = 1,2$  – ліве або праве колесо;



- рамні сили в частках статичного навантаження  $H_{pi}$ , що діють від рами візка на колісну пару, де  $i$  – номер колісної пари,  $i = 1-4$ ;
- горизонтальні поперечні прискорення кузова вагона  $j_{yk}$ , де  $k = 1,2,3$  визначає місця встановлення «датчиків» згідно схеми розміщення, показаній на рисунку 2 ( $j_{y1}$ ,  $j_{y2}$  і  $j_{y3}$  – точки над шворнем першого візка, в центрі кузова і над шворнем другого візка);
- вертикальні прискорення кузова вагона  $j_{zk}$ , де  $k=1-3$  визначає місця встановлення «датчиків» згідно схеми розміщення, показаній на рисунку 2 ( $j_{z1}$ ,  $j_{z2}$ ,  $j_{z3}$  – точки над шворнем першого візка, в центрі кузова і над шворнем другого візка);
- коефіцієнти вертикальної динаміки центрального ступеню підвішування  $k_{двi}$ , де  $i=1-4$  – номер комплекту пружин центрального підвішування;
- коефіцієнти вертикальної динаміки буксового ступеню підвішування  $k_{двiij}$ , де  $i=1-4$  – номер колісної пари,  $j=1,2$  – ліве й праве колесо;
- горизонтальні поперечні прискорення рами візка  $j_{pyij}$  з урахуванням місць встановлення «датчиків» згідно схеми розміщення, показаній на рисунку 2, де  $i=1-4$  – номер колісної пари,  $j=1,2$  – ліве й праве колесо;
- вертикальні прискорення рами візка  $j_{pzij}$  з урахуванням місць встановлення «датчиків» згідно схеми розміщення, показаній на рисунку 2, де  $i = 1-4$  – номер колісної пари,  $j = 1,2$  – ліве й праве колесо;
- бокові сили  $Y_{ij}$ , що діють від коліс на рейкову колію, де  $i = 1-4$  – номер колісної пари,  $j=1,2$  – ліве й праве колесо;
- вертикальні сили  $Q_{ij}$ , що діють від коліс на рейкову колію, де  $i = 1,4$  – номер колісної пари;  $j=1,2$  – ліве й праве колесо колісної пари.

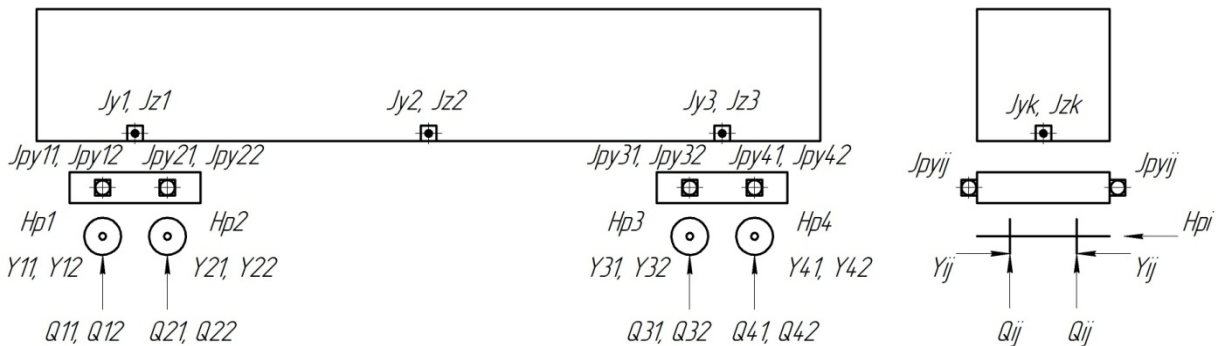


Рисунок 2 – Схема розміщення «датчиків» для визначення вихідних величин комп'ютерної моделі пасажирського вагона

Рух  $i$ -го тіла математичної моделі пасажирського вагона представлений системою рівнянь, що мають вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} m_i \cdot a_{ix}^{(m)} = \sum F_{ix}^{(m)} + \sum R_{ix}^{(m)}; \\ m_i \cdot a_{iy}^{(m)} = \sum F_{iy}^{(m)} + \sum R_{iy}^{(m)}; \\ m_i \cdot a_{iz}^{(m)} = \sum F_{iz}^{(m)} + \sum R_{iz}^{(m)}; \\ J_{ix}^{(o)} \cdot \frac{d\omega_{ix}^{(o)}}{dt} + \omega_{iy}^{(o)} \cdot \omega_{iz}^{(o)} \cdot (J_{iz}^{(o)} - J_{iy}^{(o)}) = \sum MF_{ix}^{(o)} + \sum MR_{ix}^{(o)}; \\ J_{iy}^{(o)} \cdot \frac{d\omega_{iy}^{(o)}}{dt} + \omega_{iz}^{(o)} \cdot \omega_{ix}^{(o)} \cdot (J_{ix}^{(o)} - J_{iz}^{(o)}) = \sum MF_{iy}^{(o)} + \sum MR_{iy}^{(o)}; \\ J_{iz}^{(o)} \cdot \frac{d\omega_{iz}^{(o)}}{dt} + \omega_{ix}^{(o)} \cdot \omega_{iy}^{(o)} \cdot (J_{iy}^{(o)} - J_{ix}^{(o)}) = \sum MF_{iz}^{(o)} + \sum MR_{iz}^{(o)}; \end{array} \right. \quad (1)$$

У виразі (1) позначено:  $m_i$  – маса  $i$ -го тіла (Н);  $a_{ix}^{(m)}$ ,  $a_{iy}^{(m)}$ ,  $a_{iz}^{(m)}$  – проекції вектора прискорення  $i$ -го тіла на координатні осі рухомої системи координат (м/с<sup>2</sup>);  $\sum F_{ix}^{(m)}$ ,  $\sum F_{iy}^{(m)}$ ,  $\sum F_{iz}^{(m)}$  – сума проекцій усіх активних сил, що прикладені на координатні осі рухомої системи координат (Н);  $\sum R_{ix}^{(m)}$ ,  $\sum R_{iy}^{(m)}$ ,  $\sum R_{iz}^{(m)}$  – сума проекцій усіх реактивних сил, що прикладені на координатні осі рухомої системи координат (Н);  $J_{ix}^{(o)}$ ,  $J_{iy}^{(o)}$ ,  $J_{iz}^{(o)}$  – моменти інерції  $i$ -го тіла відносно власних осей координат (Н·м<sup>2</sup>);  $\omega_{ix}^{(o)}$ ,  $\omega_{iy}^{(o)}$ ,  $\omega_{iz}^{(o)}$  – проекції вектора кутової швидкості  $i$ -го тіла на власні осі координат (рад/с);  $\sum MF_{ix}^{(o)}$ ,  $\sum MF_{iy}^{(o)}$ ,  $\sum MF_{iz}^{(o)}$  – сума моментів усіх активних сил, прикладених до  $i$ -го тіла відносно власних осей координат (Н/м);  $\sum MR_{ix}^{(o)}$ ,  $\sum MR_{iy}^{(o)}$ ,  $\sum MR_{iz}^{(o)}$  – сума моментів усіх реактивних сил, прикладених до  $i$ -го тіла відносно власних осей координат (Н/м).

Перші три рівняння системи (1) записані в базовій системі координат, а інші – в системі координат, пов'язаній з  $i$ -м тілом математичної моделі пасажирського вагона.

Система рівнянь (1) може бути представлена в уточнених координатах у матричному вигляді:

$$M(h) \cdot \ddot{h}_i + f(h, \dot{h}) = H, \quad (2)$$

де  $M(h)$  – матриця мас;

$f(h, \dot{h})$  – вектор-стовпець уточнених сил інерції;

$H$  – вектор-стовпець уточнених активних сил.

Положення тіла в системі координат визначається за наступним виразом:

$$h_i = \left[ r_{i_\xi}^{(m)}, r_{i_\eta}^{(m)}, r_{i_\zeta}^{(m)}, \varphi_{i_\xi}^{(m)}, \varphi_{i_\eta}^{(m)}, \varphi_{i_\zeta}^{(m)} \right], \quad (3)$$

де  $r_{i_\xi}^{(m)}, r_{i_\eta}^{(m)}, r_{i_\zeta}^{(m)}$  – проекції вектора, що описує положення початку системи координат  $i$ -го тіла в рухомій системі координат на її координатні осі;

$\varphi_{i_\xi}^{(m)}, \varphi_{i_\eta}^{(m)}, \varphi_{i_\zeta}^{(m)}$  – кути між координатними осями власної і рухомої системи координат.

Лінійні, кутові швидкості і прискорення для будь-яких тіл підсистем можуть бути виражені через уточнені координати моделі вагона:

$$v_i^{(m)} = U_i^{(m)} \cdot \dot{h}_i, \quad (4)$$

$$a_i^{(m)} = U_i^{(m)} \cdot \ddot{h}_i, \quad (5)$$

$$\omega_i^{(m)} = S_i^{(m)} \cdot \dot{h}_i, \quad (6)$$

$$\varepsilon_i^{(m)} = S_i^{(m)} \cdot \ddot{h}_i, \quad (7)$$

У виразах (4), (5), (6) і (7) позначено:  $v_i^{(m)}, a_i^{(m)}$  – лінійні швидкості та прискорення  $i$ -го тіла відносно рухомої системи координат;  $\omega_i^{(m)}, \varepsilon_i^{(m)}$  – кутові швидкості та прискорення  $i$ -го тіла відносно рухомої системи координат;  $U_i^{(m)}$  – тензор проекції векторів  $r_{i_\xi}^{(m)}, r_{i_\eta}^{(m)}, r_{i_\zeta}^{(m)}$ ;  $S_i^{(m)}$  – тензор кутових переміщень  $\varphi_{i_\xi}^{(m)}, \varphi_{i_\eta}^{(m)}, \varphi_{i_\zeta}^{(m)}$ .

В дисертаційній роботі досліджено вплив змін параметрів опору гідравлічного гасителя коливань на динамічні показники пасажирського вагона за обраними розрахунковими варіантами.

Таблиця 1 – Розрахункові варіанти

№ варіанта	$\beta_1, \text{кН}\cdot\text{с}/\text{м}$	$\beta_2, \text{кН}\cdot\text{с}/\text{м}$	$\beta_3, \text{кН}\cdot\text{с}/\text{м}$	$\beta_4, \text{кН}\cdot\text{с}/\text{м}$
1	100	100	100	100
2	0	100	100	100
3	100	100	0	100
4	0	100	0	100
5	0	0	100	100
6	0	100	100	0
7	0	0	0	100
8	0	0	100	0
9	0	0	0	0

Визначено залежності екстремальних значень динамічних показників пасажирського вагона від швидкості руху, які відповідають різним варіантам розташування на вагоні гідравлічних гасителів коливань в непрацездатному стані, отримані на підставі проведення комп'ютерного експерименту.

З метою визначення величин повздовжніх сил, що діють на вузли гідравлічного амортизатора в програмному комплексі «Универсальный механизм» виконано дослідження комп'ютерної моделі динаміки пасажирського вагона на візках типу КВЗ-ЦНИИ.

Обрано умови розрахунку, за якими проведено дослідження об'єкта, а саме:

- швидкісний режим руху вагона,  $V = 20-140$  км/год;
- прямолінійні та криволінійні ділянки колії;
- стан колії – відсутність та наявність горизонтальних та вертикальних нерівностей;
- параметри жорсткості повідка візка,  $S_{пов} = 2,45 \cdot 10^6 - 4,6 \cdot 10^6$  Н/м;

Відповідно до результатів проведеного модельного розрахунку сформована таблиця 2 вихідних даних.

Таблиця 2 – Розрахункові значення повздовжніх зусиль

Швидкість руху, км/год	Ділянка колії	Горизонтальні та вертикальні нерівності колії	Жорсткість повідка, $S_{пов}$ , кГ/см	Середньо квадратичні відхилення повздовжніх зусиль, Н
140	Пряма	Відсутні	2500	460,37
140	Пряма	Відсутні	4700	455,02
140	Пряма	Наявні	2500	1151,52
140	Пряма	Наявні	4700	1157,96
120	Крива, $R = 600$ м	Відсутні	2500	475,21
120	Крива, $R = 600$ м	Відсутні	4700	469,47
140	Крива, $R = 600$ м	Наявні	2500	1089,66
140	Крива, $R = 600$ м	Наявні	4700	1091,95
140	Крива, $R = 1000$ м	Відсутні	2500	477,02
120	Крива, $R = 1000$ м	Відсутні	4700	476,51
140	Крива, $R = 1000$ м	Наявні	2500	1257,29
140	Крива, $R = 1000$ м	Наявні	4700	1251,51

Отримані залежності середньоквадратичних відхилень повздовжніх зусиль, які передаються на вузли кріплення гідравлічного амортизатора (рисунок 7 – 8)

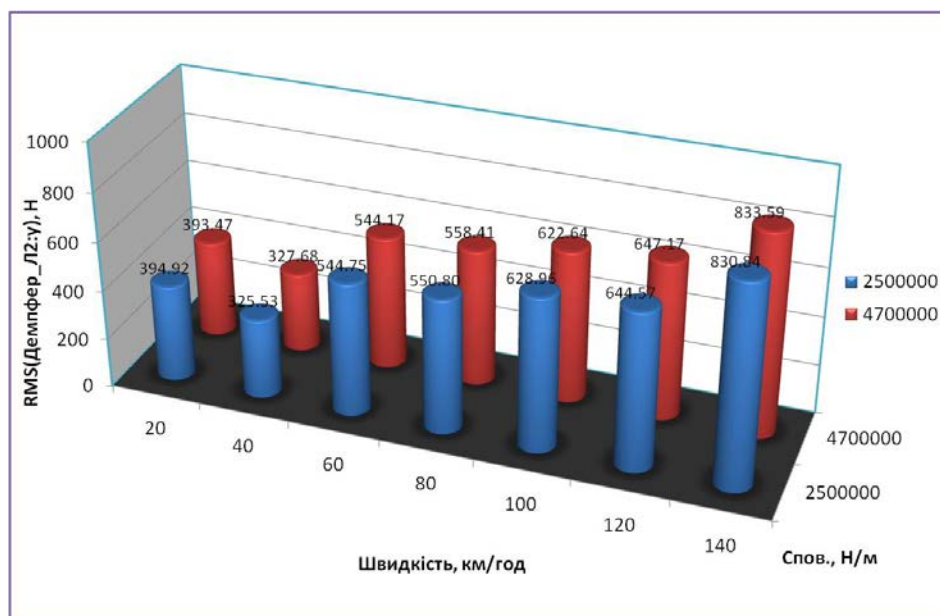


Рисунок 7 – Залежність середньоквадратичних відхилень повздовжніх зусиль, які передаються на вузли кріплення гідравлічного амортизатора (ліва сторона візка) при жорсткості повідка  $С_{пов.} = 2,45 \cdot 10^6 - 4,6 \cdot 10^6$  Н/м в маршрутному діапазоні швидкостей до 140 км/год на прямолінійній ділянці колії

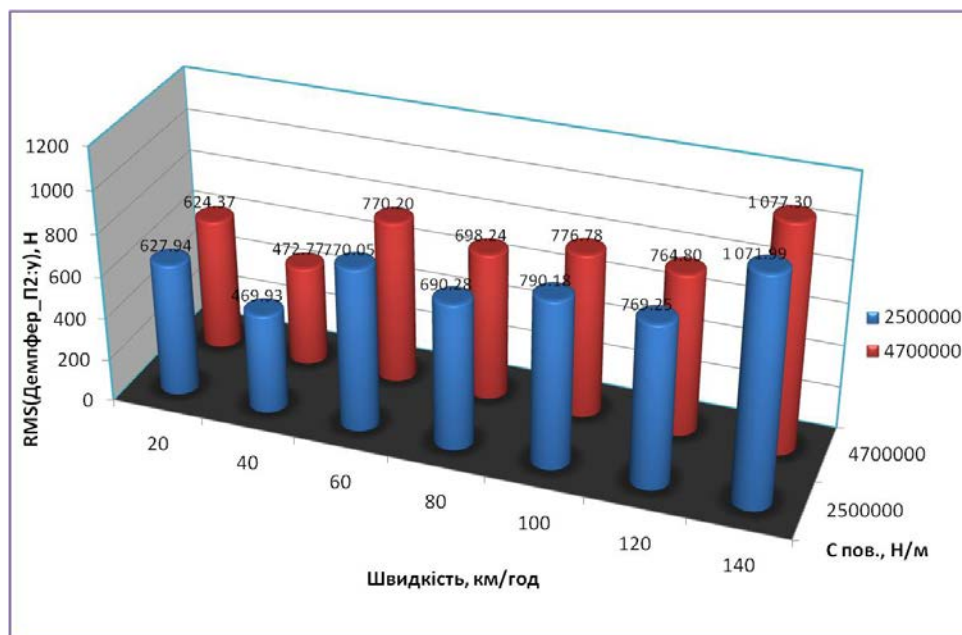


Рисунок 8 – Залежність середньоквадратичних відхилень повздовжніх зусиль, які передаються на вузли кріплення гідравлічного амортизатора (права сторона візка) при жорсткості повідка  $2,45 \cdot 10^6 - 4,6 \cdot 10^6$  Н/м в маршрутному діапазоні швидкостей до 140 км/год на прямолінійній ділянці колії

У **третьому розділі** проведено аналіз технічного стану гідравлічних гасителів коливань. Встановлено, що до найбільш поширених несправностей слід віднести:

- втрату робочої рідини за рахунок зниження щільності гідросистеми;
- підвищення зазорів в системі «шток-направляюча», внаслідок чого відбувається зменшення параметра опору від максимального до -25% номінального значення;
- послаблення різьбового з'єднання штока з верхньою головкою гідравлічного гасителя коливань, внаслідок багатократних навантажень згину (при перекосах) і розтягу-стискання;
- зриви різьби штока, при частому розбиранні, зумовленому заміною гумових ущільнюючих манжет;
- знос та руйнування направляючої та «перекал» метала в робочій зоні штока внаслідок температурного перегріву, викликаних конструктивними особливостями вузлів кріплень гасителя від дії значних повздовжніх сил при перекосах, що призводить до заклинювання в роботі.

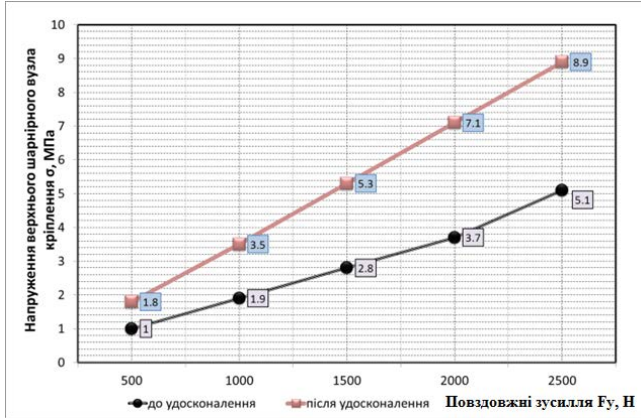
За результатами аналізу технічного стану гідравлічного гасителя коливань типу НЦ-11000 і проведеними дослідженнями, пов'язаними з впливом зміни параметрів опору залежно від рівня робочої рідини та втратою компресії при появі зносів відповідальних частин апарату, обрані переважні напрямки удосконалення конструктивних елементів амортизатора.

В основу вибору напрямків вирішення поставлені задачі удосконалення конструкції вузлів кріплення, фрикційної пари тертя «шток-направляюча», зменшення випадків відбракувань направляючої по зносам, забезпечення більш надійної щільності гідросистеми, що має призвести до підвищення працездатності гідравлічного гасителя коливань.

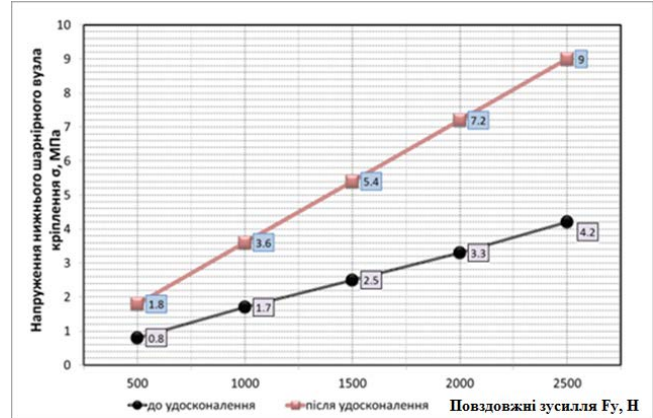
Виконані розрахунки з урахуванням дії вертикальних і горизонтальних зусиль, що передаються на вузли кріплення гідравлічного гасителя коливань до і після проведення конструктивних змін. Проведено дослідження міцності вузлів кріплення удосконаленої конструкції гасителя коливань.

Для знаходження розподілу напружень від дії повздовжніх горизонтальних сил за допомогою програмного пакету SolidWorks проведено імітаційне дослідження створеної комп'ютерної моделі гасителя коливань. При виконанні розрахунку прийняті до уваги властивості матеріалів складових одиниць, та витримана точність виконання геометрії елементів, відповідно до креслеників конструкторської документації гідравлічного гасителя коливань НЦ-1100.

За результатами проведених досліджень побудовані графічні залежності змін напруженого стану вузлів гасителя від дії повздовжніх та вертикальних навантажень (рисунок 9 – 10).

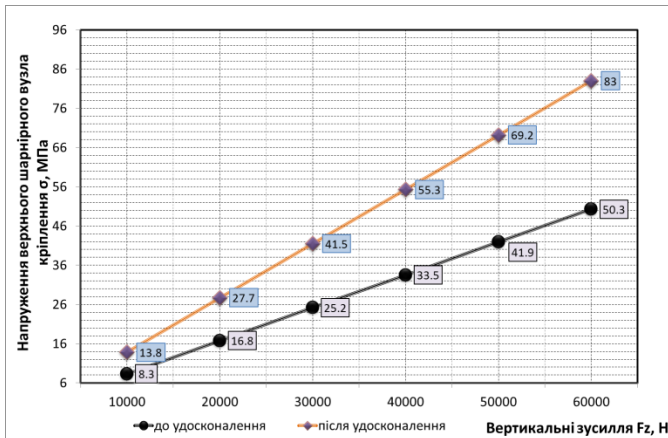


а

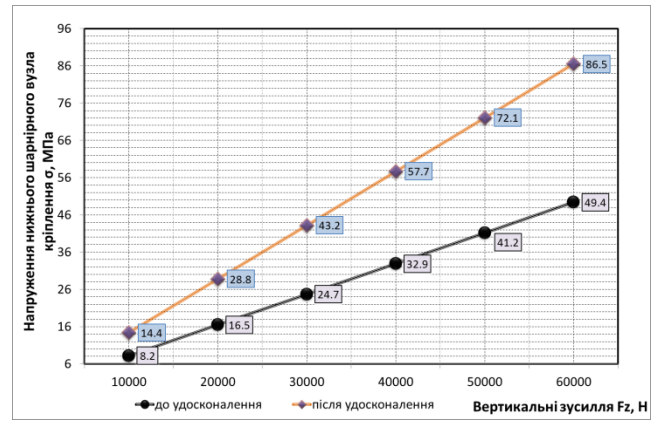


б

Рисунок 9 – Графік зміни напружень верхнього (а) та нижнього (б) вузла кріплення гідралічного гасителя коливань типу НЦ-1100 залежно від дії позадвожніх зусиль  $F_y = 500 \div 2500$  Н



а



б

Рисунок 10 – Графік зміни напружень верхнього (а) та нижнього (б) вузла кріплення гідралічного гасителя коливань типу НЦ-1100 залежно від дії вертикальних зусиль  $F_z = 10\,000 \div 60\,000$  Н

У четвертому розділі проведені стендові випробування дослідного зразка гідралічного амортизатора удосконаленої конструкції в умовах вагонного депо на стендовому обладнанні СВД11-0,047 (рисунок 11).

В ході проведення випробувань виконані три контрольні вимірювання та проведений запис робочих діаграм.



Рисунок 11 – Стенд для випробування дослідного зразка гідравлічного гасителя коливань

За результатами аналізу обробки залежності змін параметрів опору гідравлічного гасителя коливань типу НЦ-1100 встановлено, що:

- параметри опору гідравлічного гасителя коливань зміненої конструкції перевищують встановлені нормативні значення, і знаходяться в діапазоні значень при ході стискання:  $\beta_1 = 151,2 \div 157,7 \text{ кН} \cdot \text{с} / \text{м}$ , при ході розтягнення  $\beta_2 = 145,7 \div 151,6 \text{ кН} \cdot \text{с} / \text{м}$ .

- відхилення параметрів в'язкого опору від прийнятого номінального значення на ході стискання становить:  $\Delta_{\text{min}_{80}} = 89 \div 97,12 \%$  при мінімально допустимому значенні параметра опору  $\beta_{\text{min}} = 80 \text{ кН} \cdot \text{с} / \text{м}$ ,  $\Delta_{\text{max}_{130}} = 16,3 \div 21,3\%$  при максимально допустимому значенні параметра опору  $\beta_{\text{max}} = 130 \text{ кН} \cdot \text{с} / \text{м}$ .

- відхилення параметрів опору від прийнятого номінального значення на ході розтягнення становить:  $\Delta_{\text{min}_{80}} = 82,12 \div 89,5 \%$  при мінімально допустимому значенні параметра в'язкого опору  $\beta_{\text{min}} = 80 \text{ кН} \cdot \text{с} / \text{м}$ ,  $\Delta_{\text{max}_{130}} = 12,07 \div 16,61\%$  при максимально допустимому значенні параметра опору  $\beta_{\text{max}} = 130 \text{ кН} \cdot \text{с} / \text{м}$ .



## ВИСНОВКИ

Виконані теоретичні та експериментальні дослідження дозволяють зробити ряд висновків і рекомендацій, направлених на поліпшення систем демпфірування пасажирського рухомого складу.

Основні висновки теоретичного і прикладного характеру, а також результати, отримані в ході дослідження, зводяться до наступного:

1. Виконано аналіз наукових публікацій, які присвячені теоретичним та експериментальним дослідженням експлуатаційних характеристик систем демпфірування пасажирських вагонів. Визначені напрямки роботи з пошуку технічних рішень з метою забезпечення стабільності функціонування амортизаторів систем гасіння коливань пасажирських вагонів, спрямовані на підвищення надійності гідравлічних пристроїв.
2. Проаналізовано існуючі системи демпфірування пасажирських вагонів, що експлуатуються на залізницях України. Визначено, що від схеми, місця розташування, кількості амортизаційних пристроїв, їх технічної справності, залежить надійна робота усєї механічної системи вагона, що безпосередньо пов'язано з встановленим швидкісним режимом руху. Зібрано уточнені відомості щодо пружно-дисипативних характеристик елементів візків пасажирських вагонів.
3. Виконано огляд та проведено збір даних щодо найбільш характерних несправностей гідравлічних гасителів коливань, які призводять до відмов в роботі. Встановлено, що до найбільш поширених відносяться розриви, залишкова деформація сальникових манжет – приблизно 65%, зноси циліндричних поверхонь штока та направляючої - майже 25%.
4. Засобами комп'ютерного моделювання досліджено характер зміни повздовжніх зусиль, які передаються на вузли кріплення амортизатора, та їх вплив на напружений стан елементів гасителя. Встановлено діапазон значень середньоквадратичних відхилень повздовжніх зусиль в межах швидкостей руху  $V = 20 \div 140$  км/год. Виявлено суттєвий вплив стану колії на зміну повздовжніх сил у заданому інтервалі швидкостей. Встановлено низьку чутливість жорсткості повідка до шуканих показників.
5. За результатами моделювання динаміки руху пасажирського вагона з метою оцінки впливу технічного стану гідравлічних гасителів коливань на показники динаміки пасажирського вагона встановлено, що за показниками стійкості вагона в рейковій колії в разі працездатного стану всіх гасителів вимоги безпеки руху задовольняються в розглянутому діапазоні швидкостей включно до 160 км/год. У випадку непрацездатності всіх гасителів коливань запас стійкості вагона від сходу колісних пар з рейок вичерпується при швидкості руху 115 км/год. В

інших випадках відмов гасителів коливань умови безпеки руху не порушуються. Стосовно впливу відмов гасителів коливань пасажирського вагона на такі важливі характеристики комфортності руху, як показники плавності ходу, встановлено, що в разі непрацездатного стану одного з гасителів показник плавності ходу у горизонтальному поперечному напрямку досягає граничного рівня, починаючи зі швидкостей руху 110 і 120 км/год. Якщо ж в непрацездатному стані перебувають два гасителі коливань, то цей показник перевищує граничний рівень, починаючи зі швидкості руху 100 км/год і починаючи з 80 км/год., коли не працюють по одному гасителю коливань на візках. Непрацездатний стан трьох або чотирьох гасителів призводить до наднормативного зростання показника плавності ходу, починаючи зі швидкостей руху в діапазоні 50 – 60 км/год. Максимальні значення показника плавності ходу у вертикальному напрямку перевищують граничний рівень при швидкості руху 130 км/год, коли всі гасителі коливань знаходяться у справному стані. В разі непрацездатного стану одного з гасителів коливань цей показник досягає граничного рівня, починаючи зі швидкості руху 110 км/год. Якщо в непрацездатному стані перебувають два гасителі коливань, то максимальні значення показника перевищують граничний рівень при швидкості руху 100 км/год. Непрацездатний стан трьох або чотирьох гасителів коливань вагона призводить до наднормативного зростання показника плавності ходу у вертикальному напрямку вже при швидкості 90 км/год.

6. За аналізом результатів розрахунку встановлено: при зростанні швидкості руху пасажирського вагона поступово підвищується рівень повздовжніх зусиль, що передаються на гідравлічний гаситель коливань; величина параметра жорсткості повідка, яка знаходиться в межах Спов. =  $2,45 \cdot 10^6$  –  $4,6 \cdot 10^6$  Н/м не суттєво впливає на отримані значення повздовжніх зусиль. Вони знаходяться практично на одному рівні; при врахуванні в розрахунку нерівностей колії більш ніж в 2,5 рази підвищується величина горизонтальних зусиль, що передаються на вузли кріплення амортизатора; середньоквадратичні відхилення повздовжніх зусиль можуть досягати більше 1000 Н при маршрутних швидкостях руху  $V = 110-130$  км/год.
7. Запропоноване технічне рішення з удосконалення гідравлічного гасителя коливань надасть змогу зменшити кількість відмов в роботі гасителя та підвищити міжремонтний експлуатаційний пробіг.
8. За результатами проведених стендових випробувань гідравлічних гасителів коливань пасажирських вагонів зміненої конструкції встановлено, що параметри в'язкого опору перевищують встановлені

нормативні значення на ході стиснення майже на 98 % на ході стиснення при мінімально допустимому значенні 80 кН с /м, та практично на 17 % на ході розтягнення при максимально допустимому значенні параметра опору 130 кН с /м. Такі показники свідчать про гарантовану можливість виконання покладених на гідравлічний апарат функцій на більш тривалий експлуатаційний період.

9. Виконано техніко-економічне обґрунтування розроблених рішень удосконалення конструкції гідравлічних гасителів коливань пасажирських вагонів. Отримані значення критеріальних показників ефективності капітальних вкладень в проведення модернізації гідравлічного амортизатора. За результатами розрахунку індекс дохідності становить 3,49, окупність інвестицій проекту становитиме менше шести років (5,94 роки), річний дохід в 1,9 рази перевищуватиме попередні доходи підприємства, що загалом свідчить про доцільність реалізації проекту.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### **Основні праці:**

1. Черняк Г.Ю., Щербина Ю.В. Розробка моделі пасажирського вагона для досліджень динаміки в програмному комплексі «Универсальный механизм» // Зб. наук. пр. КУЕТТ. Сер. «Транспортні системи і технології», Т.12. – К.: КУЕТТ, 2007. – С. 75-82.
2. Дьомін Р.Ю., Мостович А.В., Щербина Ю.В. До способів оцінювання динамічної взаємодії коліс і рейок. // Вісник СНУ ім. В.Даля – №5 (147) – Ч. 1 – 2010. – С. 27-32.
3. Черняк Г.Ю., Щербина Ю.В. Базова комп'ютерна модель просторової динаміки пасажирського вагона для швидкісного руху // Залізничний трансп. України. – 2012. – №6. – С. 55-58.
4. Дьомін Ю.В., Черняк Г.Ю., Щербина Ю.В. Вплив еквівалентної конусності на критичні швидкості пасажирського рухомого складу // Залізничний трансп. України. – 2013. – №1. – С. 19 - 22.
5. Черняк Г.Ю. Принципи побудови комп'ютерних моделей динаміки тягового рухомого складу (на прикладі електровоза серії ЧС7)/ Г.Ю. Черняк, Ю.В. Щербина (стр. 47-51) // Залізничний транспорт України, 2011. – № 6.
6. Щербина Ю.В. Дослідження динамічних якостей пасажирського вагона при зміні конструктивної схеми розміщення системи демпфірування засобами комп'ютерного моделювання // Зб. наук. пр. ДЕТУТ Сер. «Транспортні системи і технології», Вип. 29. – К.: ДЕТУТ, 2016. – С. 218-227.
7. H.Yu. Cherniak, Yu.V. Shcherbyna Principles of building of computer model of passenger cars dynamics for high-speed movement. (Принципи побудови

комп'ютерної моделі динаміки пасажирського вагона для швидкісного руху) / Н. Yu. Cherniak, Yu.V. Shcherbyna / Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2017, №2 – Р. 38-44. (включений до міжнародних науково-метричних баз).

8. Іщенко В.М., Щербина Ю.В. Підвищення ефективності роботи гідравлічних гасителів коливань пасажирських вагонів на візках типу КВЗ-ЦНИИ шляхом конструктивних змін. Вісник СНУ ім. В. Даля – №4 (234) – 2017. – С. 106-110.

9. V.N. Ishchenko, Yu.V. Shcherbyna Ways of improving the units construction of hydraulic shock absorbers of passenger cars on the bogie of kvz-cnii type (Шляхи удосконалення конструкції вузлів гідравлічних гасителів коливань пасажирських вагонів на візках типу КВЗ-ЦНИИ) / V.N. Ishchenko, Yu.V. Shcherbyna Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2017, №3 – Р. 24-31. (включений до міжнародних науково-метричних баз).

10. Іщенко В.М., Шатаєв В.М., Щербина Ю.В. Підходи з конструктивного удосконалення гідравлічного амортизатора типу НЦ-1100 візків пасажирських вагонів. Вагонний парк №11-12 (128-129) / 2017. – С. 38-42.

11. Щербина Ю.В. Розрахунок зносу контактної пари тертя шток-напрямна гідравлічного гасителя коливань з використанням сучасних засобів комп'ютерного моделювання // Зб. наук. пр. ДУІТ Сер. «Транспортні системи і технології», Вип.31. – К.: ДУІТ, 2018. – С. 159-168.

12. Іщенко В.М., Щербина Ю.В. Стендові випробування дослідного зразка гідроамортизатора пасажирського вагона удосконаленої конструкції та оцінка енергетичної ефективності його роботи. Вісник СНУ ім. В. Даля – №2 (243) – 2018. – С. 108-112.

#### **Додаткові праці апробаційного характеру:**

13. Черняк Г.Ю., Щербина Ю.В. Розробка математичної моделі динаміки пасажирського вагона в програмному комплексі «Универсальный механизм» [Текст] / Г.Ю. Черняк, Ю.В. Щербина // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління економіка і технології: Тези доп.; IV Міжнародна науково-практична конференція. – Київ, 2008 р. – С. 112.

14. Дьомін Ю.В., Черняк Г.Ю., Щербина Ю.В. Еквівалентна конусність і критичні швидкості пасажирського рухомого складу [Текст] / Ю.В. Дьомін, Г.Ю. Черняк, Ю.В. Щербина // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління економіка і технології: Тези доп. VI Міжнародна науково-практична конференція. – Київ, 2013 р. – С. 47-48.

15. Черняк Г.Ю., Щербина Ю.В. Комп'ютерні моделі динаміки пасажирських вагонів для швидкісного руху [Текст] / Г.Ю. Черняк, Ю.В. Щербина

// Одинадцятий міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові. Тези доп. – Львів, 2013. – С. 94.

16. Черняк Г.Ю., Щербина Ю.В. Вплив технічного стану гасителів коливань на динамічні показники пасажирських вагонів / Г.Ю. Черняк, Ю.В. Щербина // XV Міжнародна науково-технічна конференція «Прогресивна техніка, технологія і інженерна освіта». Стенова доп. – Київ: НТУУ КПІ, 2014.

17. Іщенко В.М., Щербина Ю.В. Щодо удосконалення конструкції вузлів гідравлічних гасителів коливань пасажирських вагонів на візках типу КВЗ-ЦНІИ [Текст] / В.М. Іщенко, Ю.В. Щербина // Тези доп. VII Міжнародна науково-практична конференція // Зб. наук. пр. «Проблеми розвитку транспорту і логістики». – Одеса, 2017. – С. 91-92.

18. Іщенко В.М., Щербина Ю.В. Дослідження впливу появи зносів пари тертя «шток-направляюча» гідравлічного гасителя коливань на його працездатний стан [Текст] / В.М. Іщенко, Ю.В. Щербина // Тези доп. щорічна науково-практична конференція студентів та молодих вчених // Зб. наук. пр. «Логістичне управління та безпека руху на транспорті». – Сєверодонецьк, 2017. – С. 61-63.

19. Іщенко В.Н., Щербина Ю.В., Осьмак В.Е. Исследование функционирования гидравлического амортизатора при появлении износостойкой пары [Текст] / В.Н. Іщенко, Ю.В. Щербина, Осьмак В.Е. // Тезиси доклада VIII міжнародної науково-практичної конференції, посвященої року науки. // Сборник науч. трудов «Проблеми безпеки на транспорті» – Гомель, 2017. – С. 98-99.

20. Іщенко В.М. Щербина Ю.В. Стенові випробування дослідного зразка гідроамортизатора пасажирського вагона удосконаленої конструкції та оцінка енергетичної ефективності його роботи [Текст] / В.М. Іщенко, Ю.В. Щербина // Тези доп.; VIII Міжнародна науково-практична конференція // Зб. наук. пр. «Транспорт і логістика: проблеми та рішення». – Одеса, 2018. – С. 78-79.

21. Щербина Ю.В., Іщенко В.М. Забезпечення працездатності гідравлічного гасителя коливань пасажирського вагона [Текст] / Щербина Ю.В., Іщенко В.М. // Тези доп.; IV Міжнародна наукова конференція // Зб. наукових пр. «Perspectives of science and education». – Нью-Йорк, 2018р. – Р.8-20.

### **Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:**

22. Патент на корисну модель № 118226 від 25.07.2017р. (бюл. № 14/2017) (заявка № u 2017 01949 від 28.02.2017) Гідравлічний гаситель коливань / В.М. Іщенко, Ю.В. Щербина (Україна).

23. Патент на корисну модель № 122169 від 26.12.2017р. (бюл. № 24/2017) (заявка № u 2017 07088 від 05.07.2017) Вузол кріплення гідравлічного гасителя коливань / В.М. Іщенко, В.В. Косарчук, В.М. Шатаєв, Ю.В. Щербина (Україна).

## АННОТАЦИЯ

**Щербина Ю. В. Улучшение эксплуатационных показателей гидравлических демпферов пассажирских вагонов путём усовершенствования их конструкции.** – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов. Государственный университет инфраструктуры и технологий, МОН Украины, Киев, 2018.

Диссертационная работа посвящена исследованию гидравлических систем демпфирования тележек пассажирских вагонов средствами компьютерного моделирования механической системы с использованием программно ориентированного комплекса «Универсальный механизм», рассмотрены вопросы улучшения работы гидравлического гасителя колебаний НЦ-1100 путем проведения конструктивных изменений отдельных узлов, в соответствии с разработанным автором проектом. Решаются вопросы улучшения функционирования гидравлического гасителя колебаний за счет проведения комплекса мероприятий, связанных с совершенствованием его отдельных составляющих. В основу выбора направлений по обеспечению стабильности работы устройства за установленный период эксплуатации входит изменение конструкции узлов крепления, пары трения «шток-направляющая», повышение герметичности гидравлической системы. Средствами компьютерного моделирования установлено влияние изменения продольных усилий в узлах крепления амортизатора на напряженно-деформированное состояние ответственных узлов гасителя колебаний при скоростном диапазоне движения  $V = 20 \div 140$  км/час. Определены зависимости экстремальных значений динамических показателей пассажирского вагона от скоростей движения, относительно изменения параметров вязкого сопротивления гидравлических гасителей колебаний, полученные на основании проведения компьютерного эксперимента. Проведены теоретические и экспериментальные исследования, связанные с повышением эффективности функционирования гидравлических амортизаторов. Выполнен технико-экономический расчет обоснования принятых решений по усовершенствованию конструкции гидравлических гасителей колебаний пассажирских вагонов.

**Ключевые слова:** система демпфирования, гидравлические гасители колебаний, пассажирский вагон, компьютерная модель.

## АНОТАЦІЯ

**Щербина Ю. В. Поліпшення експлуатаційних показників гідравлічних демпферів пасажирських вагонів шляхом удосконалення їх конструкції.** – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів. – Державний університет інфраструктури та технологій, МОН України, Київ, 2018.

Дисертаційна робота присвячена дослідженню гідравлічних систем демпфірування візків пасажирських вагонів засобами комп'ютерного моделювання механічної системи з використанням програмно орієнтованого комплексу «Универсальный механизм», розглянуті питання покращення роботи гідравлічного гасителя коливань НЦ – 1100 шляхом проведення конструктивних змін окремих вузлів, у відповідності до розробленого автором проекту. Вирішуються питання поліпшення функціонування гідравлічного гасителя коливань за рахунок проведення комплексу заходів з удосконалення його окремих складових. Проведені теоретичні і експериментальні дослідження, пов'язані із підвищенням ефективності функціонування гідравлічних гасителів коливань.

**Ключові слова:** система демпфірування, гідравлічні гасителі коливань, пасажирський вагон, комп'ютерна модель.

## THE SUMMARY

**Scherbina Y. V. Improving the performance of hydraulic dampers of passenger wagons by improving their design.** – As manuscript.

Thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences in specialty 05.22.07 - rolling stock of railways and traction of trains. State University of Infrastructure and Technologies, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2018.

The thesis is devoted to the research of hydraulic systems of damping of carriages of passenger cars by means of computer simulation of a mechanical system with the use of the program-oriented complex "Universal Mechanism", the issues of improving the operation of hydraulic damper of oscillations of НЦ-1100 are considered by carrying out structural changes of separate units in accordance with the project developed by the author. The problems of improving the functioning of the hydraulic damper of oscillations are resolved through the implementation of a set of measures to improve its individual components. Conducting theoretical and experimental studies related to improving the efficiency of the hydraulic vibration dampers.

**Keywords:** damping system, hydraulic vibration dampers, passenger wagon, computer model.

ЩЕРБИНА ЮРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

**ПОЛПШЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ГІДРАВЛІЧНИХ  
ДЕМПФЕРІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ  
ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ  
ЇХ КОНСТРУКЦІЇ**

Спеціальність 05.22.07 – Рухомий склад залізниць і тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

---

Підписано до друку 14.11.2018 р. Формат аркушів 60x84/16.

Папір офсет. Гарнітура Таймс.

Ум.-друк. арк. 0,9. Наклад 100 прим.

Замовлення №

---

Надруковано у редакційно-видавничому відділі

Державного університету інфраструктури та технологій

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців,  
виготовлювачів видавничої продукції Серія ДК № 6148 від 18.04 2018 р.

03049, м. Київ, вул. І.Огієнка, 19.