

## ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу **Шикунова Олександра Анатолійовича**  
**"Поліпшення міцнісних характеристик бічної рами візка  
вантажного вагона за рахунок вдосконалення її конструкції",**  
яку представлено до захисту на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад  
залізниць та тяга поїздів

### 1. Загальний аналіз дисертації

Дисертаційна робота обсягом 170 сторінок складається із вступу, п'яти основних розділів, загальних висновку, списків використаних джерел та 8 додатків. Дисертація містить 70 рисунків та 19 таблиць. Список використаних джерел із 159 найменувань приведений на 18 сторінках, додатки – на 32 сторінках.

Дисертація та автореферат написані українською мовою.

Дисертація Шикунова О. А. виконана на кафедрі "Вагони та вагонне господарство" Дніпровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна.

Основний зміст дисертаційних досліджень висвітлено у п'яти публікаціях, опубліковано у фахових виданнях, затверджених МОН України. Чотири з них включені до науково-метричної бази *Index Copernicus (Польща)* та п'яти роботах апробаційного характеру. Одна стаття опублікована без співавторів. Результати дисертаційної роботи пройшли апробацію на чотирьох міжнародних наукових конференціях. Серед додаткових праць – один патент України на корисну модель.

Обсяг основного тексту, структура дисертації, порядок викладення та оформлення матеріалу у дисертації та авторефераті дисертації відповідає вимогам "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р. (зі змінами, вне-

сеними згідно з Постановами КМ № 656 від 19.08.2015 р., №1159 від 30.12.2015 р.), та наказу МОН України «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» від 12.01.2017 р. № 40.

## **2. Актуальність теми дисертаційної роботи**

Залізничний транспорт є однією з найважливіших галузей народного господарства України. Реформування економіки України, її інтеграція в систему світових економічних відносин поставили перед залізничним транспортом задачі, які пов'язані з адаптацією до роботи в ринкових умовах. Гостра конкуренція між різними видами транспорту сприяє підвищенню якості транспортних послуг. Затримка вантажів у дорозі, яка викликана відмовою елементів конструкцій вагонів з подальшим відчепленням від поїзда, спричиняє суттєві економічні збитки залізницям.

Для забезпечення безпеки руху поїздів парк вантажних вагонів повинен мати високу надійність. У той же час вагон складається з великої кількості вузлів, технічний стан яких безпосередньо впливає на експлуатацію вантажних вагонів.

Безпека перевезень є пріоритетним напрямком діяльності залізниць. Її забезпечення залежить від злагодженої роботи всіх структурних підрозділів, але, з урахуванням масовості парку вантажних вагонів, їх надійна робота є одним з найважливіших чинників, що впливає на ефективність функціонування залізничного транспорту. Прагнення до підвищення рентабельності залізничного транспорту зумовлює зростання вантажопідйомності і швидкостей руху вантажних поїздів, що істотно підвищує динамічні навантаження на конструктивні елементи ходових частин вантажних вагонів і створює умови для виникнення різних видів дефектів та пошкоджень. Тому в складних умовах експлуатації важливого значення набувають заходи, які спрямовані на зниження пошкоджуваності і підвищення надійності ходових частин вантажних вагонів.

Переважна більшість вантажних вагонів, що належить залізничним адміністраціям України та країн СНД, експлуатується на візках моделі 18-100 або їх аналогами. Ця конструкція була розроблена багато років тому і проходила численні модернізації. Проте багаторічний досвід експлуатації цього візка свідчить, що його конструкція не повною мірою відповідає вимогам, які висуваються до сучасних ходових частин вантажних вагонів за показниками міцності та надійності.

Одним із шляхів вирішення цього завдання є удосконалення конструкції їх литих деталей з метою підвищення довговічності, покращення динамічних якостей візка та збільшення осьового навантаження. Тому тема дисертаційної роботи Шикунова О. А., що спрямована на поліпшення міцнісних показників деталей візка вантажного вагона, спрощення пошуку оптимальних конструкцій литих деталей візка та параметрів ресорного підвішування, є актуальною.

Актуальність теми дисертації підтверджується тим, що дослідження, які виконані в дисертації, пов'язані з пріоритетними напрямками розвитку та визначені в концепції реформування транспортного сектора України, програмі підвищення безпеки руху на залізницях України, затвердженій наказом "Укрзалізниці" № 547-Ц від 15.10.2001 р., Комплексній програмі оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки, затвердженій наказом Мінтрансв'язку від 14.10.2008 р. за № 1259, а також планам науково-дослідних робіт ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна, що виконуються у рамках госпдоговорів з різними підприємствами галузі.

За темою дисертації виконано такі науково-дослідні роботи: "Послуги консультаційні інженерні в області проектів по машинобудуванню в обсязі сертифікаційних випробувань і подальша сертифікація двухосьового візка вантажних вагонів за ГОСТ 9246-2004" (№ ДР 116U04115) та "Проведення випробувань зразка вагона для цементу моделі 19-758 на відповідність сертифікаційним показникам п.п. 3, 11, 12, 14 НБЖТ ЦВ 01-98" (№ ДР 0116U04117), за якими здобувач є виконавцем.

### **3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій**

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертації Шикунова О. А. дають підстави стверджувати, що обґрунтованість результатів дисертаційної роботи зумовлена коректною постановкою завдань, використанням сучасних методів дослідження напружено-деформованого стану, обробки результатів досліджень, а також узгодженістю отриманих результатів теоретичних досліджень з експериментальними даними випробувань натурних зразків.

Справляє позитивне враження наявність саме експериментальних даних, здобутих шляхом випробувань натурних зразків, що підкріплюють результати теоретичних досліджень, проведених при виконанні дисертаційної роботи.

### **4. Достовірність та новизна наукових положень**

Отримані у роботі наукові результати, висновки та рекомендації є достовірними. Підставою для цього є коректна постановка завдання, застосування сучасних методів визначення розподілу напружень в складних деталях, задовільна збіжність результатів теоретичних досліджень за розробленими скінченно-елементними моделями та моделями коливачів з даними, отриманими під час експериментальних випробувань.

Основні висновки і рекомендації одержали схвалення на численних міжнародних наукових конференціях в Україні (75-й, 76-й, 77-й та 78-й Міжнародних науково-практичних конференціях "Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту" (м. Дніпро, 2015-2018 рр.), XIV Міжнародній конференції "Проблеми механіки залізничного транспорту. Безпека руху, динаміка, міцність рухомого складу та енергозбереження" (м. Дніпро, 2016 р.).

Наукова новизна результатів, які отримані в дисертації, полягає в наступному:

***Вперше:***

- запропонована процедура оптимізації конструктивних елементів бічної рами трьохелементного візка вантажного вагона за критерієм міцності з урахуванням обмежень на збільшенні її маси;
- запропоновано процедура уточнення динамічної навантаженості деталей на основі скінченно-елементних моделей та динамічних моделей коливань, що дозволяє отримати залежності напружень в окремих зонах конструкції від параметрів ресорного підвішування;
- отримано залежності напружень в окремих зонах бічної рами від параметрів ресорного підвішування візка, які дозволяють прогнозувати вплив окремих компонентів ресорного підвішування на рівень напружень в бічній рамі;

***Удосконалено:***

- метод оцінки міцності бічних рам візків вантажних вагонів на основі результатів стаціонарних міцнісних випробувань, що дозволило більш точно враховувати вплив повздовжніх навантажень на конструкцію та точніше оцінити розподіл напружень;

***Дістав подальший розвиток:***

- метод побудови моделей коливань вагонів за рахунок використання ієрархічно організованого графа, що дозволяє спростити розробку моделі та вибір параметрів і варіантів конструкції ресорного підвішування візка для зниження рівня напружень в ньому за рахунок зниження динамічних навантажень.

Аналіз отриманих у роботі наукових результатів показує їхню відповідність існуючим критеріям та вимогам.

Ступінь достовірності наукових положень дисертації вважаю достатнім.

## **5. Практичне значення роботи**

Наукові результати, отримані в ході виконання дисертаційної роботи, можуть бути використані на різних етапах проектування та впровадження нових литих деталей та пошуку варіантів підсилення існуючих конструкцій рухомого складу, а саме:

- процедура оптимізації конструкції бічної рами візка вантажного вагона за критерієм міцності може бути використана для пошуку варіантів підсилення окремих зон литих деталей;
- процедура уточнення динамічної навантаженості деталей дозволяє визначити залежності напружень в окремих зонах конструкції від параметрів ресорного підвішування.
- отримані залежності напружень в окремих зонах бічної рами від параметрів ресорного підвішування дозволяють оцінити можливість зменшення зовнішніх навантажень на бічну раму за рахунок зміни параметрів ресорного підвішування та можуть бути використані на етапі проектування візка.
- економічно обґрунтована доцільність застосування підсилення бічної рами під час експлуатації.

Результати досліджень впроваджені при проектуванні вагонів в ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод", а також в навчальному процесі кафедри «Вагони та вагонне господарство» Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Практичне впровадження результатів роботи підтверджено відповідними документами та матеріалами, які подані в додатках до дисертаційної роботи.

## **6. Повнота викладення наукових положень дисертації в опублікованих працях**

Основні результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на 75-й, 76-й, 77-й та 78-й Міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (м. Дніп-

ро, 2015-2018 рр.), XIV Міжнародній конференції «Проблеми механіки залізничного транспорту. Безпека руху, динаміка, міцність рухомого складу та енергозбереження» (м. Дніпро, 2016 р.).

Результати досліджень викладено в п'яти статтях в фахових виданнях України, чотири з них в виданнях, що включено до міжнародних наукометричних баз Google Scholar (США), Index Copernicus (Польща), п'яти тезах доповідей міжнародних науково-практичних конференцій, отримано один патент на корисну модель.

Зміст та кількість друкованих праць відповідає вимогам МОН України до висвітлення основних положень дисертаційної роботи на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

В опублікованих статтях та тезах доповідей на конференціях та семінарах з міжнародною участю докладно викладено основні наукові положення дисертації:

- особливості скінченно-елементної моделі бічної рами та результати аналізу напружено-деформованого стану;
- основні положення методичного підходу до складання моделей руху багатомасових систем, розробка на основі запропонованого підходу динамічної моделі руху вантажного вагона,
- оцінка результатів динамічного моделювання.

Кількість публікацій, обсяг, повнота висвітлення результатів та розкриття змісту дисертації відповідає вимогам МОН України та "Порядку призначення наукових ступенів". Зазначені публікації повною мірою висвітлюють основні наукові положення дисертації.

Спрямованість науково-практичних конференцій, де відбувалася апробація дисертаційного дослідження, характер статей дисертанта, в яких відображено положення дисертації і результати проведених досліджень, повною мірою вирішують науково-прикладне завдання зниження пошкоджуваності литих бокових рам візків вантажних вагонів. Загалом вважаю, що дисертація пройшла належну апробацію.

## 7. Оцінка змісту дисертації

У вступі чітко обґрунтована актуальність теми дисертації, сформульовано мету та задачі наукового завдання досліджень, їх зв'язок з науковими програмами, вказано методи досліджень, достовірність отриманих результатів, визначено наукову новизну досліджень дисертації, її практичне значення та особистий внесок автора, наведено дані про апробації результатів і публікацій.

У першому розділі автор виконав аналіз напрямків поліпшення конструкції трьохелементного візка вантажного вагона. Доведено, що основна увага приділяється поліпшенню ходових якостей візка за рахунок удосконалення пружних елементів центрального ступеня ресорного підвішування, фрикційних гасників коливань, місця спирання кузова на візок, буксового вузла та введення додаткових зв'язків між елементами візка. Проте, як правило, не оцінюється вплив цих модернізацій на рівень напружень в елементах візка.

Дослідження, спрямовані на вирішення проблеми зламів бічних рам, зосереджені на якості литва та матеріалу бічної рами. Здобувачем зроблено висновок, що не всі навантаження, що виникають в експлуатації та передбачені діючими нормативними документами, використовуються при дослідженнях міцності бічних рам.

У другому розділі роботи дисертантом розраховано напружений стан бічної рами трьохелементного візка моделі 18-9996 як перспективного візка нового покоління та проаналізовано, чи узгоджуються навантаження, які використовуються в теоретичних дослідженнях міцності та під час випробувань.

На основі розподілу напружень в моделі та порівняння їх з результатами статичних випробувань бічної рами визначено, що рекомендовані місця встановлення тензометричних датчиків не дозволяють в повній мірі оцінити напружений стан конструкції. А сили, що враховуються при статичному екс-



перименті з визначення міцності бічної рами, враховують не всі навантаження, які виникають в експлуатації.

Запропоновано уточнювати експериментальну оцінку міцності литих деталей, зокрема бічних рам візків, за допомогою оцінки розподілу напружень у відповідних скінчено-елементних моделях. За результатами досліджень автором рекомендується використовувати при статичних випробуваннях на міцність навантаження поздовжньою силою, яка рівномірно діє на одну з колонок центрального ресорного прорізу

**У третьому розділі** автором запропоновано використовувати ієрархічно організований граф при формуванні моделей коливань вагонів. Визначена структура графа та запропоновані його основні елементи. Вершинам графа зіставлені рівняння, а ребрам – динамічні процеси. Вершина "тіло" представляє рівняння руху тіла, головні центральні осі інерції якого паралельні координатним осям. Рівняння руху в цій вершині записують у вигляді рівняння Ейлера (кутові переміщення та швидкості при цьому вважають малими). Вершині "з'єднувальний елемент" відповідають залежності між силами взаємодії тіл та їх відносними переміщеннями (швидкостями). Вершина "точка" відповідає за перетворення узагальнених переміщень тіла і сил, на переміщення точки й сили, прикладені до неї.

За допомогою наведеного в розділі підходу побудовано модель коливань вантажного вагону. Достовірність моделі перевірено шляхом порівняння результатів моделювання та ходових динамічних випробувань вагона з відповідними характеристиками.

**Четвертий розділ** присвячений дослідженню впливу параметрів ресорного підвішування на напруженій стан бічної рами. Як об'єкт моделювання, обрано напіввагон з осьовим навантаженням 25 тс на вісь. Для нього на першому етапі отримано значення сил, що діють на бічну раму в центральному та буксовому прорізі під час руху вагона по прямих та кривих ділянках колії при різних параметрах ресорного підвішування. У ході моделювання змінювалися вертикальні та горизонтальні жорсткості буксового та центрального

ресорного підвішування, а також коефіцієнт відносного тертя гасника коливань.

На другому етапі дослідження за допомогою скінчено-елементної моделі отримано тензори напружень від дії одиничних сил у буксовому та центральному прорізі та визначено коефіцієнти для перерахунку зовнішніх сил у напруження в контрольних точках моделі. За результатами моделювання руху вагона та розрахованими коефіцієнтами визначено напруження в контрольних точках бічної рами, що виникають при русі вагона з різними параметрами ресорного підвішування.

Здобувачем за допомогою моделей коливань вагона з різними параметрами ресорного підвішування та результатами скінченно-елементного моделювання отримані залежності напружень в критичних зонах бічної рами від окремих параметрів ресорного підвішування. Згідно з наведеними в дисертації результатами суттєвий вплив на напружений стан бічної рами оказує лише вертикальна жорсткість центрального ресорного ступеню.

У п'ятому розділі запропонована процедура оптимізації конструкції бічної рами візка за критерієм міцності, та наведено приклад її вирішення. Дисертант пропонує за результатами аналізу визначати зони конструкції, що потребують підсилення та зони, де міцність конструкції наближається до критичної межі. Для цих зон розробляються окремі незалежні варіанти підсилень та проводиться додатковий аналіз на міцність, за результатами якого визначається вплив окремого підсилення. За результатами розв'язання задачі визначається комбінація підсилень, що задовольняє умовам міцності та обмеження маси. Для визначеної комбінації проводиться аналіз конструкції на міцність при комплексному підсиленні.

Для цього на основі скінчено-елементного аналізу визначені зони з високим рівнем напружень. Для цих зон розроблені та промодельовані окремі варіанти підсилень та визначено вплив кожного варіанту на напруження в окремих зонах бічної рами. Після чого обрано комбінацію варіантів підси-

лень, що дозволяє знизити напруження в окремих зонах бічній рамі у два рази.

В цьому ж розділі виконано розрахунок економічного ефекту від впровадження удосконалення конструкції бічної рами. Економічний ефект забезпечується за рахунок підвищення терміну експлуатації.

Завершується робота досить розгорнутими та логічними висновками, які впливають зі змісту роботи.

Виходячи з аналізу основної частини дисертації, можемо дійти висновку, що мета дисертаційної роботи під час виконання дослідження була досягнута, а дисертація є завершеною науковою кваліфікаційною працею.

У додатках наведено результати експериментальних та теоретичних досліджень та акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

Список використаних джерел, що представлений в дисертації, свідчить про глибину пошукової роботи, виконаної дисертантом.

Зміст автореферату ідентичний основним положенням та висновкам дисертації

Одночасно вважаю за необхідним зробити наступні зауваження та пропозиції.

## **8. Зауваження по дисертації:**

1. В дисертації відсутній перелік деяких термінів та їх визначень, які використовуються при складанні тексту. Наявність тлумачення таких термінів, як "спосіб", "метод", "пошкодження", "несправність", "руйнування", сприяли би більш однозначному розумінню отриманих результатів досліджень.

2. У розділі 1.4 дисертації наведені дуже стислі відомості щодо причин зламів литих деталей візків вантажних вагонів за період 2006-2014 рр., які мали пошкодження в експлуатації. Було б доцільно детально проаналізувати місця та причини появи тріщин та зламів деталей, регіон експлуатації, тип вагонів, навести прогноз щодо суттєвого зниження подібних ситуацій

після впровадження результатів дисертаційних досліджень. Крім того, було б доцільним встановити кореляційний зв'язок між кількістю відмов бокових рам, інтенсивністю використання вагонного парку та навантаженням на вісь.

3. Стосовно шляхів модернізації візка через зміну конструкції корпусу букси (адаптера) слід зазначити, що автор, на жаль, не бере до уваги можливість зміни жорсткості безпосередньо адаптера.

4. У першому розділі при аналізі проведених раніше досліджень, здобувач зосередився в основному на конструктивних рішеннях, спрямованих на підвищення надійності роботи трьохелементних візків. Але із тексту дисертації не зрозуміло, який внесок науковців різних країн у розв'язання цієї задачі. Крім того, при проведенні аналізу поза увагою автору залишились переваги на недоліки кожного конструктивного рішення.

5. З дисертаційної роботи не зрозуміло, чи враховувались при побудові геометричної моделі бічної рами припуски на виготовлення.

6. Здобувачем не зазначено, чому при створенні скінчено-елементної сітки була віддана перевага об'ємним просторовим скінченим елементам з 10-ма вузлами. Також бажано обґрунтувати кількість та розмір скінчених елементів, які використовувалися для побудови розрахункової моделі.

7. Дисертаційна робота містить багато загально відомої інформації, яку можна було скоротити. Так, якщо розрахунок виконано згідно вимог діючих нормативних документів, не має необхідності наводити місця прикладання діючих навантажень. Теж саме можна сказати про рисунок 3.19.

8. На стр. 50 здобувач висвітлює деякі результати статичних випробувань на міцність. Але при цьому не наведена інформація, яке обладнання при цьому використовувалось, його характеристики.

9. На рисунках 3.20 та 3.21 наведено порівняння результатів теоретичного моделювання та експериментальних досліджень. Не зрозуміло, чому автор обмежився даними лише кривій дільниці колії малого радіусу.

10. Дисертантом недостатньо уваги приділено можливості створення штампозварної конструкції бокової рами.

11. З автореферату та дисертації неясно, як запропоновані зміни в конструкції бічної рами вплинуть на показники надійності візків.

12. Дуже скорочено подано результати розрахунку економічного ефекту. Зокрема не зрозуміло, отриманий ефект відноситься до вагону в цілому, або лише до однієї рами.

Зазначені у даному відгуку зауваження та побажання не знижують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи Шикунова О. А., яка виконана на достатньому науковому та практичному рівнях.

## **9. Загальна оцінка дисертації**

Аналіз змісту дисертації і автореферату, публікації автора за темою роботи дозволяють зробити наступні висновки.

Дисертаційна робота Шикунова О. А. "Поліпшення міцнісних характеристик бічної рами візка вантажного вагона за рахунок вдосконалення її конструкції" є завершеною, самостійно підготовленою кваліфікаційною науковою працею. В дисертації отримані нові раніше не захищені наукові положення та науково-обґрунтовані результати, які у сукупності розв'язують важливе науково-прикладне завдання для рухомого складу залізниць України.

Тема дисертації має актуальний характер. Зміст автореферату відповідає змісту дисертації.

Результати роботи з необхідною повнотою висвітлені у статтях, що публікувалися у наукових фахових виданнях України, наукометричних базах та пройшли апробацію на наукових семінарах і конференціях.

Актуальність, достатній науковий рівень, практична цінність та впровадження результатів досліджень свідчать про те, що виконана дисертантом робота за темою "Поліпшення міцнісних характеристик бічної рами візка вантажного вагона за рахунок вдосконалення її конструкції" відповідає вимогам п. п. 9, 11, 12 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 року № 567 із зміна-

ми, внесеними згідно з Постановами КМ № 656 від 19.08.2015 р., № 1159 від 30.12.2015 р. і п. 1 ("Теоретичні й експериментальні дослідження рухомого складу"), п. 2 ("Технічна експлуатація рухомого складу, підвищення надійності й ефективності його використання") та п. 11 ("Конструкція, динаміка рухомого складу") паспорту спеціальності 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів, який затверджено постановою президії ВАК України № 40-08/7 від 8 жовтня 2008 року, а її автор Шикунів Олександр Анатолійовича заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів.

**Офіційний опонент:**

доктор технічних наук, професор,  
Український державний університет  
залізничного транспорту,  
завідувач кафедри вагонів



Особистий підпис  
засвідчую 24.08.2019 р.  
Завідуючий канцелярією  
УкрДУЗТ

І. Е. Мартинов

*І. Е. Мартинов*  
*Олександр Савховецька*

*№04-48/116*  
*в.р. 03.10.19*

## ВІДГУК

офіційного опонента, кандидата технічних наук **Горобця Дмитра Володимировича**, старшого наукового співробітника Інституту технічної механіки Національної академії наук України і Державного космічного агентства України на дисертаційну роботу **Шикунова Олександра Анатолійовича «Поліпшення міцнісних характеристик бічної рами візка вантажного вагона за рахунок вдосконалення її конструкції»**, що представлено на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.22.07 – Рухомий склад залізниць та тяга поїздів.

**Актуальність теми дослідження та її зв'язок з науковими програмами.**

Дисертаційна робота спрямована на вирішення питання підвищення міцності бічної рами візка вантажного вагона без значної зміни її конструкції та вагових характеристик.

Вантажні перевезення є основним видом діяльності залізничного транспорту України, а враховуючи напрямок їх розвитку в бік підвищення вантажопідймальності згідно зі стратегією розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року, схваленою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. №1555-р, і як наслідок навантаження на ходові частини вагона, підвищення міцності окремих складових частин вантажного візка, в тому числі бічної рами, є важливою задачею.

Також досі не є до кінця вирішеною проблема зламів бічних рам трьохелементних візків, що також робить актуальними данні дослідження.

Таким чином дисертаційна робота Шикунова О.А. є актуальною для вирішення практичних питань сьогодення залізничного транспорту України.

Результати і висновки дисертації отримані при участі автора в наступних науково-дослідних роботах Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна:

- «Послуги консультаційні інженерні в області проектів по машинобудуванню в обсязі сертифікаційних випробувань і подальша сертифікація двухосьового візка вантажних вагонів по ГОСТ9246-2004» (№ ДР 0116U004115);
- «Проведення випробувань зразка вагона для цементу моделі 19-758 на відповідність сертифікаційним показникам п.п. 3, 11, 12, 14 НБЖТ ЦВ 01-98» (№ ДР 0116U004117).

Отримані дисертантом результати знайшли практичне впровадження, що підтверджується відповідними актами.

### **Оцінка змісту дисертаційної та автореферату.**

Дисертація складається з анотації, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та восьми додатків. Загальна кількість сторінок 170 з яких 138 сторінок основного тексту, 32 сторінки додатки. Список використаних джерел включає 159 найменувань. Структура дисертації є логічною та відповідає вимогам МОН України. Викладення матеріалу є послідовним та виконано зрозумілою науковою мовою.

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, зв'язок з планами науково-дослідних робіт, визначено мету досліджень та задачі, що необхідно вирішити, сформульовано наукову новизну отриманих результатів та визначено їх практичну значимість. Також приведені данні про публікації основних результатів досліджень, особистий внесок автора та апробацію результатів досліджень.

**Перший розділ** роботи присвячено аналізу наукових праць присвячених удосконаленню конструкції трьохелементних візків вантажних вагонів. Визначено основні напрямки досліджень, що ведуться в цій галузі та способи вирішення основних проблем, що пов'язані з візками.

Автором, на основі розглянутих наукових публікацій, обґрунтовано необхідність проведення досліджень можливості підвищення міцності бічної рами візка вантажного вагона.

У **другому розділі** розглядається напружений стан бічної рами.

За допомогою скінченно-елементної моделі автор проводить порівняння вимог до навантажень, що використовуються при експериментальній оцінці міцності бічної рами та навантажень, що повинна витримувати рама згідно «Норм...». Також проведено порівняння розподілу напружень в бічній рамі та розташування рекомендованих місць встановлення тензOMETричних датчиків при міцнісних випробуваннях.

Встановлено, що при експериментальній оцінці міцності згідно з «Надрессорные балки и боковые рамы литые двухосных тележек грузовых вагонов колеи 1520 мм. Методика статических испытаний на прочность. ГосНИИВ – ВНИИЖТ, М., 1992» не повною мірою враховуються навантаження, що виникають в експлуатації. На основі скінченно-елементної моделі встановлено, що напруження в рекомендованих місцях встановлення



тензометричних датчиків можуть значною мірою відрізнитися від максимальних напружень в конструкції.

За результатами досліджень запропоновано додатковий варіант навантаження при міцністних випробуваннях.

В **третьому розділі** приведено методика побудови моделей коливань на основі ієрархічно організованого графа. Наведено основні види елементів графу та те як вони співвідносяться з елементами вагону, даються рекомендації по будові моделі руху вагону.

Для перевірки запропонованого методу в пакеті Scicos побудовано модель руху вагону 12-7039-01 на візках моделі 18-9836, а результати моделювання були співставленні з результатами ходових динамічних випробувань цього вагону.

В **четвертому розділі** за допомогою скінченно-елементної моделі бічної рами визначені залежності напружень в окремих зонах бічної рами від параметрів центрального та буксового ступень підвішування.

При моделюванні бічної рами, за допомогою скінченно-елементної моделі, визначався вплив окремих навантажень, що діють на раму з боку ресорного підвішування, на рівень напружень, та визначалися коефіцієнти перерахунку окремих сил в компоненти напружень. На основі розрахованих коефіцієнтів визначалися напруження при складному навантаженні рами.

Вихідні навантаження для розрахунку отримані за допомогою моделі руху вагона, що було побудовано за допомогою методу, що наведено в третьому розділі. Для визначення залежностей параметри ресорного підвішування візка змінювалися в межах  $\pm 30\%$  від номінальних значень.

Отримані залежності напружень від параметрів ресорного підвішування показали, що суттєвий вплив на напружений стан бічної рами має лише вертикальна жорсткість центрального ресорного ступеню.

На основі проведених досліджень запропоновано метод уточнення динамічної навантаженості деталей на основі скінченно-елементних моделей та динамічних моделей коливань в контексті уточнення навантаженості елементів ходових частин та вагонів у цілому.

В **п'ятому розділі** роботи сформульовано та вирішено задачу оптимізації конструкції бічної рами візка вантажного вагона за критерієм міцності.

Для вирішення поставленої задачі пропонується скористатися скінченно-елементними моделями бічної рами, за допомогою яких

визначаються зони, що потребують підсилення. Для кожної зони розроблюється низка варіантів підсилень та визначається вплив окремого підсилення на напружений стан рами. На основі отриманих результатів визначається комбінація підсилень, що задовольняє умовам міцності, а в якості обмежуючого параметра при виборі комбінації підсилення використовується збільшення ваги бічної рами.

Запропонований метод випробувано на бічній рамі візка вантажного вагона нового покоління з осьовим навантаженням 25 тс на вісь. За результатами дослідження отримано бічну раму візка вантажного вагона, що відповідає вимогам нормативної документації, а рівень напружень, що виникають в елементах конструкції, знижений у окремих критичних зонах більше ніж у два рази.

**Загальні висновки** повністю відповідають меті та змісту роботи. Вони містять узагальнені результати досліджень та відображають їх в повній мірі.

**Список використаних джерел** підтверджує глибину пророблення поставлених питань дисертантом.

У **додатках** наведені необхідні вихідні дані необхідні для вирішення задачі, допоміжний матеріал та акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

Аналіз тексту автореферату та дисертаційної роботи дозволяє зробити висновок, що автореферат повною мірою відображає основні положення дисертації. Зміст автореферату та дисертаційної роботи ідентичні.

Наведені в дисертаційній роботі дослідження та отримані результати свідчать про досягнення автором поставленої мети дослідження, а дисертаційна робота є закінченою науковою працею та має сформульовані автором елементи наукової новизни.

Матеріали дисертаційної роботи виконані з дотриманням діючих вимог МОН України. Тематична направленість дисертаційної роботи відповідає паспорту спеціальності 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів.

### **Наукова новизна отриманих результатів**

Згідно зі змісту дисертаційної роботи, автореферату та основних публікацій автором вирішено поставлене наукове завдання – поліпшення міцнісних характеристик бічної рами візка вантажного вагона за рахунок вдосконалення її конструкції та методів випробувань на міцність.

В ході цього отримані наступні наукові результати:

- *вперше* запропоновано метод оптимізації конструкції бічної рами візка вантажного вагона за критерієм міцності на основі визначення комбінації підсилення окремих зон конструкції при обмеженому збільшенні її маси;

- *вперше* запропоновано метод уточнення динамічної навантаженості деталей на основі скінченно-елементних моделей та динамічних моделей коливань, що дозволяє отримати залежності напружень в окремих зонах конструкції від параметрів ресорного підвішування;

- *вперше* отримано залежності напружень в окремих зонах бічної рами від параметрів ресорного підвішування, які дозволяють прогнозувати вплив окремих компонентів ресорного підвішування на рівень напружень в бічній рамі;

- *удосконалено* метод оцінки міцності бічних рам візків вантажних вагонів на основі результатів стаціонарних міцнісних випробувань, який відрізняється від існуючих додатковим варіантом навантажень та оцінкою розподілу напружень в об'єкті на основі попередньої розрахункової оцінки міцності, що дає можливість більш точно враховувати вплив повздовжніх навантажень на конструкцію та точніше оцінити розподіл напружень в ній;

- *набув подальшого розвитку* метод побудови моделей коливань вагонів за рахунок використання ієрархічно організованого графа, що дозволяє спростити розробку моделі.

**Практичне значення основних результатів роботи** полягає у наступному:

- впровадження в ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» метода оцінки міцності бічних рам під час випробувань та метода оптимізації конструкції бічної рами візка вантажного вагона за критерієм міцності;

- впровадження в навчальний процес Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна метода побудови моделей коливань вагонів за рахунок використання ієрархічно організованого графа.

Впровадження результатів підтверджено відповідними актами.

Наведені в дисертаційній роботі результати можуть бути використані при розробці та проектуванні не тільки бічних рам трьохелементних візків, а і інших деталей рухомого складу.

## **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, що сформульовані в дисертації**

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій в дисертаційній роботі забезпечуються за допомогою логічного використання за для вирішення поставлених задач визнаних вченим товариством підходів і методів. Для аналізу напруженого стану бічних рам використовувалися метод скінчених елементів. Оцінку динамічної поведінки об'єкту дослідження виконано з використанням методів чисельного інтегрування систем диференціальних рівнянь. Для вибору варіантів підсилення конструкцій використовувалися методи оптимізації. Достовірність побудованих моделей і отриманих результатів була перевірена шляхом порівняння результатів моделювання та результатів, що отримані під час експериментальних досліджень аналогічних об'єктів.

Результати досліджень викладені в роботі в достатньому обсязі, наукові положення та висновки не суперечать науковим роботам інших авторів та є розвитком обраного напрямку.

## **Повнота викладення основних положень дисертаційної роботи в опублікованих працях.**

Основні наукові положення проведених автором досліджень викладено в пряти публікаціях в фахових виданнях України, з них чотири в виданнях, що включено до міжнародних наукометричних баз (Ulrichsweb™ Global Serials Directory, WorldCat, DOAJ, Google Scholar, Index Copernicus, OAJ, "Україніка наукова"), п'яти тезах доповідей та в матеріалах міжнародних науково-практичних конференцій, отримано один патент на корисну модель.

Кількість та зміст друкованих праць відповідає вимогам МОН України до висвітлення основних положень дисертаційної роботи на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

**Зауваження по дисертації.** При загальній позитивній оцінці роботи слід зробити наступні зауваження:

1. В огляді доцільно було б наводити до тексту ілюстрації схем розглядуваних конструктивних рішень по удосконаленню рам візків, що зробило би огляд більш наочним.

2. При оцінці достовірності моделі відносно експерименту (сторінка 49 і додаток В.1) не було зроблено інтегральну кількісну оцінку помилки,

наведено тільки таблицю з великою кількістю інформації та зафіксовано виводи. Також не приведено інформації відносно проценту відбракованих вузлів від їх загально розглянутої кількості.

3. Доцільно було б провести запропонований в рекомендаціях (сторінка 55, пункт 1) варіант експерименту і виконати повторне порівняння оброблених експериментальних даних згідно оновленої методики з розрахунковими згідно «Норм...» результатами.

4. Відсутній опис (сторінка 85) розрахункових випадків (швидкості та радіуси кривих) приведених максимальних значень сил та не прокоментовано нестабільні максимуми значень вертикальної сили у буксовому прорізі при підвищених значеннях жорсткості центрального підвішування (рис.4.3.).

5. По тексту не розкрито, чому автором при оцінці напруженого стану бічної рами у розділі 2 для компенсації зовнішніх сил використовувались обмеження ступенів свободи вузлів, тоді як при оцінці впливу одиничних сил на напружений стан (сторінка 86) сили компенсувались інерційними силою та моментом?

6. При виборі оптимізаційної функції мало сенс урахувати ефективність посилення конструкції. Наприклад використовувати як її елемент, або як саму функцію, значення суми падіння всіх напружень в контрольних точках, що потребують посилення, співвіднесеної до маси змін конструкції.

7. У приведених ілюстраціях в додатку Б.2, де наведено напружено-деформований стан, відсутні значення максимальних напружень та позначення місць їх виникнення.

8. Нерівномірно висвітлено матеріали праці в авторефераті. Превалює інформація з опису математичних моделей над результатами досліджень з їх використанням.

Вказані зауваження не зменшують позитивне враження від роботи та не знижують її наукової цінності та практичної користі.

### **Підсумковий висновок по дисертаційній роботі**

Дисертаційна робота Шикунова Олександра Анатолійовича «Поліпшення міцнісних характеристик бічної рами візка вантажного вагона за рахунок вдосконалення її конструкції» є закінченою науковою працею, в якій отримано нові наукові результати в галузі рухомого складу залізниць.

Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.22.07 – Рухомий склад залізниць та тяга поїздів.

Актуальність теми роботи, новизна та практична значимість отриманих результатів, їх достовірність та обґрунтованість дають підстави вважати, що робота Шикунова О. А. «Поліпшення міцнісних характеристик бічної рами візка вантажного вагона за рахунок вдосконалення її конструкції», що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.22.07 – Рухомий склад залізниць та тяга поїздів відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567 зі змінами та доповненнями. А її автор – Шикунів Олександр Анатолійович заслуговує присвоєння наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.22.07 – Рухомий склад залізниць та тяга поїздів.

Офіційний опонент:  
кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник  
Інституту технічної механіки  
НАН України і ДКА України

Д.В. Горобець

Підпис Горобця Д.В. засвідчую  
Вчений секретар  
Інституту технічної механіки  
НАН України і ДКА України  
с.н.с., к.т.н.



О.М. Маркова

104-48/117  
впр 03.10.19