

Голові разової спеціалізованої вченої ради  
при Східноукраїнському національному університету  
імені Володимира Даля МОН України  
д.т.н., професору Соколову В.І.

## **ВІДГУК**

**офіційного опонента Воронцова Бориса Сергійовича**

на дисертаційну роботу Фоміної Анни Миколаївни

«Удосконалення конструкцій вантажних вагонів шляхом розроблення їх  
мультифункціональних складових», яка подана на здобуття наукового ступеня  
доктора філософії з галузі знань 27 «Транспорт»  
за спеціальністю 273 «Залізничний транспорт»

### **Загальна характеристика дисертації**

Дисертацію виконано на кафедрі залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля Міністерства освіти і науки України. Вона складається з анотації, вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 142 найменувань, та 2 додатків. Повний обсяг роботи складає 201 сторінок, з яких основного тексту – 163 сторінок, які містять 121 рисунок та 12 таблиць.

Дисертація написана українською мовою.

Структура дисертаційної роботи є логічною з коректним застосуванням технічної мови. Стиль викладення дисертації є чітким та послідовним. Обсяг основного тексту та оформлення дисертації відповідають діючим вимогам.

### **Ступінь актуальності обраної теми дисертації**

В якості головних завдань залізничного транспорту на сучасному етапі можна виділити: своєчасне, безпечне і якісне забезпечення транспортних послуг. Ключовою передумовою успішного вирішення цих завдань є оновлення парку вантажних вагонів шляхом розробки і постановки на виробництво їх моделей з поліпшеними характеристиками.

Впровадження мультифункціональних складових до конструкцій вантажних вагонів є одним з ефективних шляхів покращення їх техніко-

економічних показників, і відповідно надасть змогу отримати очікувані позитивні результати.

В дисертаційній роботі вирішується наукове завдання з обґрунтування впровадження мультифункціональних складових в конструкції вантажних вагонів.

Актуальність теми дисертаційної роботи не викликає сумнівів.

В дисертації отримані наступні **нові наукові положення та результати:**

*Вперше* з метою поліпшення техніко-економічних та експлуатаційних показників вантажних вагонів науково обґрунтовано доцільність розроблення та впровадження їх мультифункціональних складових.

*Вперше* розроблено математичне описання методу реалізації корисного попередньо-напруженого і / або деформованого стану в конструкціях вагонів, що дозволить з достатньою точністю визначати їх оптимальні характеристики.

*Дістали подальшого розвитку* формалізовані відображення конструктивних виконань вантажних вагонів за рахунок розробленої модульно-декомпозиційної схеми місць впровадження мультифункціональних складових, що дозволить суттєво покращити їх функціональність.

*Удосконалено* базу знань, яка охоплює їх існуючі та перспективні конструкції, шляхом розроблення їх мультифункціональних концептів, а саме: корисно попередньо-напружених і / або деформованих, пружно-дисипативних, нежорстких шарнірних, мультиматеріальних.

В якості **нових практичних результатів дисертаційної роботи** можна виділити:

- результати аналізу міцності за розрахунковими режимами базової та перспективних конструкцій вантажних вагонів;
- розроблені мультиматеріальні способи зменшення виникаючих напружень в конструкціях вантажних вагонів при їх експлуатації;
- запатентовані перспективні конструкції вантажних вагонів;
- результати, які впроваджені на філії «Панютинський вагоноремонтний завод» АТ «Укрзалізниця», а також використовуються у навчальному процесі Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

Відповідні акти впровадження наведено у додатках.

## **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації**

Дисертація характеризується високим ступенем обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих та викладених в ній.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційного дослідження обумовлена коректною постановкою її мети та задач, застосуванням сучасних методів проектування транспортних засобів, а саме: динаміки і міцності машин; математичного та комп'ютерного моделювання; методу скінченних елементів; сучасних методів експериментальних досліджень.

### **Оцінка змісту дисертації**

**У вступі** дисертації обґрунтовано актуальність теми, розкрито суть і стан завдання, показано зв'язок роботи з державними науковими програмами, сформульовано мету і задачі дослідження, визначені його об'єкт і предмет, наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, подано інформацію про апробацію роботи і публікації основних результатів.

**У першому розділі** дисертації представлено особливості та результати проведеного конструктивного аналізу вантажних вагонів. Такий аналіз проводився з метою виявлення конструктивних складових вагонів в які доцільно впроваджувати мультифункціональні елементи. В якості основних вагонних конструкцій для яких проводилось дослідження вибрані: відкриті та криті вагони, а також вагони-цистерни. У зв'язку з тим, що найбільш доцільними для впровадження мультифункціональних елементів є несівні складові вантажних вагонів тому основну увагу при аналізі приділено саме елементам: рами, стін бокових та торцевих їх конструкцій.

В останньому підрозділі першого розділу представлено особливості та результати створеного формалізованого описання потенційних місць впровадження мультифункціональних складових у вагонні конструкції. Розробка такого описання включала вивчення несівних складових вагонів та особливості їх структурно-функціональної взаємодії. В результаті проведених досліджень сформована блочно-ієрархічна схема потенційних складових для впровадження мультифункціональних елементів в несівні системи вантажних вагонів. Така схема включає три основних рівня: перший рівень – тип вагону; другий рівень – модуль кузова; третій рівень – модуль рами та каркасу; четвертий рівень – модуль ходової частини.

В результаті виконання робіт зазначених у першому розділі дисертації сформовані висновки та рекомендації, які наведені після нього. Отримані результати виконання першого розділу стали основою формування завдань які вирішені в наступних розділах дисертації.

**Другий розділ** дисертації присвячений науковому обґрунтуванню створення мультифункціональних складових вантажних вагонів. Так першочергово наведені розроблені теоретичні основи створення мультифункціональних складових. Де представлено визначені поняття мультифункціональних складових вантажних вагонів; виділені задачі їх впровадження; шляхи їх створення та інше.

В наступному підрозділі наведено функціональний аналіз конструктивну вантажних вагонів. Представлено особливості та результати аналізу розробленого схематичного зображення процесів що забезпечують виконання основних функцій вантажного вагону. Після цього наводиться створений структурний граф функціонування вантажного вагону та його опис. І далі наведена розроблена графічна модель конструкції кузова вантажного вагону в контексті функцій, що виконують його складові.

Далі проведено аналіз дії різних видів експлуатаційних навантажень на вантажний вагонів. На основі отриманих раніше результатів розроблено узагальнюючий універсальний математичний запис процедури реалізації корисного попередньо - напруженого і/або деформованого стану в складові вагонних конструкцій. Такий запис включає визначений головний критерій пошуку – сумарний вектор корисного попередньо-напруженого і/або деформованого стану, який за величиною і напрямком спрямований в сторону протидії сумарного вектору експлуатаційних навантажень. При цьому сумарний вектор корисного попередньо-напруженого і/або деформованого стану є функцією скалярної суми векторів напружень та деформації складової. Границі варіювання виділених за координатними осями векторів окремих напружень та деформацій визначають область можливих рішень для пошуку. Із якої границями зміни техніко-економічних та експлуатаційних показників виділяється область допустимих рішень. В якості основних техніко-економічних та експлуатаційних показників обрані: тара, вантажопідйомність, осьове навантаження, навантажувальний об'єм кузова, геометричні показники (габарит), допустимі значення напружень за першим, другим та третім розрахунковими режимами. Використання такого запису дозволить створювати оптимальні конструкції вантажних вагонів з мультифункціональним впровадженням корисного попередньо-напруженого і/або деформованого стану. Отже, в якості першого напрямку створення мультифункціональних складових вантажних вагонів виділено – створення корисного попередньо-напруженого і/або деформованого стану. Далі представлені запропоновані концепти мультифункціональних корисно попередньо-напружених і / або деформованих станів.

В наступних підрозділах другого розділу наведені концепти інших напрямків створення мультифункціональних складових вантажних вагонів, а саме пружно-дисипативних, нежорстких шарнірних та мультиматеріальних. Так в якості мультиматеріальних функціональних дисипативних концептів у вигляді листових ресор запропоновані конструктиви: вагону-платформи, напіввагону, вагона-хопера для перевезення зерна, вагона-хопера для перевезення мінеральних добрив. Також наведено запропоновані пружно-дисипативні концепти вагонів-цистерн у вигляді складових з листових та тарілчастих ресор. І наприкінці представлено мультифункціональні концепти з впровадження демфуючих штампованих стійок з пружно-дисипативними властивостями у криті вагони та вагони-хопери для перевезення зерна. Практичне впровадження зазначених концептів дозволить суттєво покращити механічну роботу по сприйняттю навантажень несівними системами зазначених вагонів. І як наслідок зменшити витрати на їх обслуговування і ремонт та подовжити термін експлуатації.

В наступному підрозділі представлені запропоновані мультифункціональні нежорсткі шарнірні концепти вантажних вагонів. Впровадження відповідних новацій описані для: універсального критого вагону, універсального та глуходонного напіввагонів, вагона-хопера для перевезення зерна, чотирьохвісного думпкару, вагона-хопера для перевезення мінеральних добрив, універсального вагону платформи, вагона-цистерни. В якості ключових місць для впровадження мультифункціональних нежорстких шарнірних з'єднань обрані вузли з'єднання елементів рам та кузовів зазначених конструкцій. Нежорсткі з'єднання дозволять зменшити, а подекуди виключити негативні накопичення втомних напружень. Це суттєво збільшить терміни використання складових вантажних вагонів та їх загальних конструкцій.

На наступному етапі наведені особливості запропонованих мультиматеріальних концептів вантажних вагонів. В якості прикладу розповсюдження мультиматеріального підходу до створення несівних систем вантажних вагонів обрані їх основні типи, а саме: напіввагон, критий вагон та вагон-цистерна. Пропонується виконувати модулі кузовів зазначених вагонів суцільними із композитного матеріалу. При цьому з метою наближення до рівномірного конструктивну в їх конструкціях сформована пірамідоподібні виступи відповідно до сумарних епюр протидії експлуатаційним навантаженням. Впровадження таких мультифункціональних складових дозволить зменшити їх масу в порівнянні з металевими аналогами на дві третини. І відповідно збільшити вантажопідйомність. До того ж використання композитних метеріалів дозволить суттєво зменшити корозію вагонних складових. В заключній частині цього підрозділу представлено запропонований концепт мультиматеріальної опори котла цистерни. В якості матеріалу опори пропонуються використовувати

гумометалеві елементи. Таке впровадження дозволить покращити динамічні показники відповідних конструкцій.

**Заключний (третій) основний** розділ дисертації присвячено висвітленню особливостей та результатів визначених практичних аспектів впровадження мультифункціональних концептів складових вантажних вагонів. В якості основних підрозділів представлено міцнісні розрахунки перспективної конструкції, результати експериментальних досліджень та економічну оцінку від впровадження запропонованих рішень.

В першому підрозділі третього розділу наводяться результати міцнісного дослідження запропонованого практичного мультифункціонального концепту сучасного напіввагону. Для цього в інженерному програмному середовищі побудовані тривимірні скінчено-елементні моделі базової та перспективних вагонних конструкцій, визначені значення відповідних навантажень. Після цього проведено міцнісні розрахунки за відповідними розрахунковими режимами. До того ж представлені результати розрахунку проектного терміну служби нової конструкції напіввагону. Результати міцнісних розрахунків засвідчили ефективність запропонованих технічних рішень. Експериментальні дослідження вагона були проведені на базі Філії «Панютинський вагоноремонтний завод» АТ «Укрзалізниця». При цьому були враховані основні експлуатаційні випадки. За результатами проведених експериментальних досліджень відбувалось настроювання відповідних скінчено-елементних моделей. Наприкінці основної частини дисертації представлено особливості та результати розрахунку економічного ефекту, який склав 115 тисяч гривень на рік.

**В додатках** до дисертації представлені: акти впровадження та копії отриманих патентів; список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації.

### **Повнота викладення наукових положень дисертації в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації**

Наукові положення дисертаційної роботи викладені в 29 наукових публікаціях, з них: 1 стаття опублікована у періодичному виданні Словаччини, 3 статті у наукових фахових виданнях України, 8 праць апробаційного характеру, 18 наукових праць, які додатково відображають наукові результати дисертації.

Наукові положення дисертації, що виносяться на захист, сформульовані авторкою особисто. Здобувачці належать: обґрунтування мети та задач роботи, планування і проведення досліджень, обробка і аналіз отриманих результатів, запатентовані мультифункціональні рішення. Розподіл творчого та особистого внеску між співавторами відповідає існуючим вимогам.

## **Відсутність порушення академічної доброчесності**

Відсутність порушення академічної доброчесності в дисертаційній роботі перевірено за допомогою відповідних Онлайн-сервісів: <https://advego.com/antiplagiat/>, <http://www.plagtracker.com/>, <https://progaonline.com>, <http://www.scanmyessay.com/>.

В результаті перевірки дисертації в ній не виявлено ознак академічного плагіату та порушень академічної доброчесності.

Авторка коректно посилається на відповідні джерела при використанні результатів досліджень інших авторів.

## **Зауваження за змістом дисертації та автореферату**

Одночасно по дисертації вважаю необхідним зробити наступні зауваження:

1. В першому розділі не наведені конструктивні описання вагонів-платформ та думпкарів. Проте і їх конструкції в подальшому розглядаються для впровадження запропонованих інновацій.

2. При розгляді в розділі 2.5 можливостей з впровадження мультифункціональних пружно-дисипативних складових в конструкції вантажних вагонів необхідно було приділити більшу увагу реалізації такого напрямку для візків.

3. В розділі 2.6 дисертації для повноти висвітлення питань пов'язаних з мультифункціональними нежорсткими шарнірними концептами вантажних вагонів доцільно було б навести класифікацію шарнірів.

4. Також в зазначеному розділі доцільно було навести формули які описують роботу листових та тарілчастих ресор по прийняттю навантажень.

5. В якості основного матеріалу для виконання мультиматеріальних концептів вантажних вагонів виділено вуглепластик. Проте не висвітлено обґрунтування такого вибору.

6. В подальшому доцільно приділити більшу увагу застосування запропонованих в дисертації підходів та технічних рішень для інших об'єктів рухомого складу та засобів машинобудування.

7. По тексту дисертаційної роботи мають місце графічні недосконалості комп'ютерного редагування та орфографічного характеру, на які здобувачці вказано особисто.

Наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації, яка в цілому виконана на високому науковому рівні.

## Висновки та загальна оцінка роботи

Дисертаційна робота відповідає спеціальності 273 «Залізничний транспорт» галузі знань 27 «Транспорт».

Оцінюючи дисертацію в цілому можна відзначити, що вона є завершеною кваліфікаційною науковою працею, в якій отримані результати, що характеризуються науковою новизною і практичною цінністю і забезпечують у сукупності рішення важливого для залізничного транспорту України завдання з обґрунтування доцільності розроблення та впровадження мультифункціональних складових вантажних вагонів для поліпшення їх техніко-економічних показників.

Вважаю, що представлена дисертаційна робота вимогам Міністерства освіти і науки України до кваліфікаційних праць, а саме наказу Міністерства освіти і науки України № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» від 12 січня 2017 р. та «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 року № 167 (зі змінами), а її авторка Фоміна Анна Миколаївна заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 27 «Транспорт» за спеціальністю 273 «Залізничний транспорт».

### Офіційний опонент:

професор кафедри технології  
машинобудування

Національного технічного  
університету України «Київський  
політехнічний інститут імені Ігоря  
Сікорського» МОН України,  
доктор технічних наук, доцент



Б.С. Воронцов