

**ВІДГУК**  
офіційного опонента на дисертаційну роботу  
**ГОРОБЦЯ ЄВГЕНА ВОЛОДИМИРОВИЧА**  
**«РОЗВИТОК МЕТОДІВ ОЦІНКИ МІЦНОСТІ ТА ВИТРИВАЛОСТІ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ»,**  
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 05.22.07 – Рухомий склад залізниць і тяга поїздів

### **1. Актуальність теми дисертаційної роботи**

Особливу актуальність для транспортної інфраструктури мають питання експлуатації та ремонту механічних систем рухомого складу залізниць. Обумовлено це значною часткою витрат на технічне обслуговування і ремонт (ТОiР) у загальновиробничих витратах перевезень. З метою оптимізації витрат по цій статті менеджмент підприємств став поступово відходить від традиційної планово-попереджувальної системи ремонтів з їх жорстким графіком у бік стратегії обслуговування за фактичним технічним станом обладнання (ТСМ). Дані стратегія припускає використання гнучкого графіка ремонтів і характеризується активним застосуванням методів технічної діагностики. Завдяки їй зменшуються кошти на ТОiР і збільшується готовність рухомого складу.

При переході до стратегії обслуговування по технічному стану акцент у витратах засобів на ТОiР зміщається з ремонтних операцій на діагностування технічного стану, коли вирішується питання про наступні дати і обсяги відновлювальних заходів. У подібній ситуації зростає актуальність не стільки графіка ремонтів рухомого складу (РС), скільки графіків його оглядів, інспекцій і контролів технічного стану.

При ТСМ-стратегії термін експлуатації одиниць рухомого складу може бути продовженим, і тоді питомі витрати на ТОiР зменшуються. Заміна парку РС новими серіями та типами потребує тривалого часу та великих капітальних вкладень. Тому, особливо в умовах роздержавлення, виникає необхідність в розвитку методів визначення можливості подальшої безпечної експлуатації РС для забезпечення потреб транспорту України в пасажирських та вантажних перевезеннях з урахуванням особливостей його конструкції, умов експлуатації та ремонту при неухильному забезпеченні вимог безпеки руху поїздів.

Можливість продовження ресурсу одиниць залізничного транспорту визначає технічний стан несучих конструкцій (НК), тобто базових елементів шляхової машини. Саме НК, процес експлуатації є об'єктом дослідження

Таким чином, тема дисертаційної роботи ГОРОБЦЯ Є.В., яка спрямована на вирішення важливої науково-технічної задачі – розвиток методів оцінки міцності та витривалості НК РС з урахуванням сучасного стану залізничної галузі та системи обслуговування РС шляхом пріоритетного використання сучасного фізичного та математичного апарату розрахунків на міцність та витривалість у порівнянні з даними вартісних (стендових ресурсних, ходових) експериментальних випробувань, слід

вважати актуальною. Напрямок дисертації відповідає вимогам керівників документів МОН України про присудження вчених ступенів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота є складовою частиною робіт з оцінкою залишкового ресурсу несучих конструкцій РС, які виконувалися Дніпровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна і ТОВ «НВП «Укртрансакад» на замовлення закордонних фірм, АТ «Укрзалізниця» (УЗ) та промислових підприємств.

## **2. Основні наукові положення, результати, висновки та рекомендації, їх новизна, ступінь обґрунтованості та достовірності**

Отримані у дисертації основні результати характеризуються достатньо повною аргументацією наукових положень, використанням сучасних методів дослідження, підтверджуються аналізом науково-технічної літератури. Цьому сприяло використання широкого методологічного інструментарію та літературної бази. Дисертантом, як зазначається у рукописі дисертації, використано 158 джерел, у яких відображені різні аспекти проблематики дисертації.

Теоретичні дослідження виконані із застосуванням фундаментальних закономірностей і аналітичних методів математичної статистики і експериментальної механіки, теорії опору матеріалів і опору втомі. Достовірність експериментальних даних забезпечується використанням сучасних засобів і методик дослідження. Обґрунтованість і достовірність отриманих результатів, висновків і рекомендацій підтверджується коректністю постановки задач на підставі всебічного аналізу та узгодженості вихідних даних, застосуванням апробованих теоретичних методів з урахуванням загальноприйнятих чи обґрунтованих припущень. В дисертаційній роботі виконано комплекс теоретичних та експериментальних досліджень, направлених на підвищення кампанії рухомого складу в сучасних технологічних умовах. Основними найбільш вагомими науковими результатами є:

1. Отримала подальший розвиток методика вимірювань та винайдено математичні співвідношення для оцінки геометрії рам кузовів та рам візків тепловозів промислового транспорту (ПТ), що відрізняється спрямуванням на зменшення похибок вимірювань. Вперше з'ясовано, що балки рам функціонують з набутими залишковими вигинами, величина яких сягає декількох десятків міліметрів. Це свідчить про наявність пружно-пластичних циклічних деформацій.

2. Отримала подальший розвиток методика оцінювання рівнів та тенденцій рівномірної корозії несучих конструкцій тепловозів ПТ, яке дозволило зробити пропозиції щодо оптимізації обсягів контролю корозійного зносу НК. Вперше знайдена швидкість рівномірної корозії НК рухомого складу в кліматичних умовах України, яка становить 0,03–0,1 мм/рік.

### **3. Значення отриманих у дисертації наукових та прикладних результатів для науки та практики**

Практичне значення мають наступні результати дисертаційної роботи.

1. Запроваджена оцінка строку безпечної експлуатації вузла демпфера коливань виляння візка міжрегіонального електропоїзда подвійного живлення «Hyundai-Rotem» (HRCS2).

2. Обґрунтовано подовження терміну служби НК тепловозів ТЕМ2, здійснено наукове супроводження термічної правки рами кузова тепловоза ТЕМ2.

3. Обґрунтовано подовження терміну служби НК критого вагона, переробленого з вантажного рефрижераторного, що дозволило забезпечити потрібний термін корисного використання об'єктів досліджень.

4. Обґрунтовано вибір накладок струмоприймачів змінного струму, що являють собою важливі змінні елементи конструкції електровоза, забезпечуючи його безпечну експлуатацію.

Результати теоретичних і експериментальних досліджень дисертаційної роботи використано на 5 підприємствах, про що свідчать акти, які містяться у Додатках.

### **4. Загальна характеристика змісту дисертації**

Дисертація складається з вступу, п'яти розділів з висновками по кожному розділу, загальних висновків, переліку використаних літературних джерел та додатків.

**Перший розділ** присвячено літературному огляду сучасних тенденцій теоретико-експериментальних методів дослідження динаміки та міцності рухомого складу і машинобудівних металоконструкцій. Проведено аналіз чинної нормативної бази та наукових публікацій за темою досліджень. Проаналізовано публікації із застосуванням методів оцінки довговічності та витривалості несучих металоконструкцій. В розділі наведено опис об'єктів дослідження, пов'язаних з вирішенням проблем, що виникли в реальних умовах експлуатації парку РС України.

Автор стверджує, що економічний ефект від подовження строку служби маневрових локомотивів із застосуванням розвинутих в дисертаційній роботі методів (на прикладі тепловоза ТЕМ2) може сягати до 100 тис. грн. на одиницю тягового рухомого складу на рік наднормативної експлуатації.

**У другому розділі** автором запропоновано положення методу «статистичного програвання» навантажень при оцінці ресурсу несучих конструкцій рухомого складу, що полягає в обчисленні реакції математичної моделі розрахунку границі витривалості металоконструкції на генеровану чисельну послідовність випадкових навантажень із визначеним заздалегідь характером та параметрами, положення спрощеного розрахунку конструкції з тріщиною, а також методів статистичної обробки важливих характеристик технічного стану ТРС магістрального та промислового транспорту та моторвагонного рухомого складу (МВРС), метод співставлення наробітків

несучих конструкцій РС з метою подальшого розвитку методів та засобів уточненої оцінки їх повного та залишкового ресурсу.

Розділ не виглядає цілісним, оскільки відомості, що містяться в ньому, можуть бути віднесені до різних аспектів ресурсу вагонів.

**У третьому розділі** наведено типові приклади оцінки параметрів елементів та вузлів РС, які можуть впливати на безпеку руху, довговічність та експлуатаційну якість його елементів. Розглянуті в розділі методи оцінки параметрів РС розроблені в рамках формування переліку робіт, обов'язкових до виконання при проведенні планових робіт з оцінки технічного стану РС з метою забезпечення його подальшої безпечної експлуатації. Зокрема, наведено приклад оцінки геометричних характеристик рами кузова маневрового тепловоза з електромеханічною тяговою передачею ТЕМ2. Також наведено приклад ієрархічного рейтингового оцінювання якості накладок пантографів електровозів змінного струму. На додачу в цьому розділі автор знов повертається до застосовності гіпотези про нормальній закон розподілу експериментальних показників динамічної навантаженості елементів РС. Про це вже йшлося в 2 розділі. Нормальність розподілу передбачається тільки для великих рівнів навантаження.

**У четвертому розділі** отримано результати оцінки експлуатаційної навантаженості елементів конструкції РС: вузла демпфера коливань виляння електропоїзда подвійного живлення та кузова вагону-термоса, модернізованого для перевезення штучних і пакованих вантажів. Оцінено вплив вертикальної динаміки руху електропоїзда подвійного живлення на поздовжні навантаження демпфера коливань виляння його віzkів. Встановлено, що вплив вертикальної динаміки на підвищення рівню напружень у опорній плиті гасника коливань виляння може враховуватися введенням постійного коефіцієнту  $K_{Vi}=0.947$ , що припускає постійне знаходження рами візка в несприятливому положенні щодо рами кузова.

Оцінено рівень та характер рівномірної корозії несучих елементів локомотивів промислового транспорту, зроблено висновки щодо удосконалення регламентів вимірювання товщини локомотивів промислового транспорту. Встановлено, що рівень рівномірної корозії основних несучих конструкцій тепловозів промислового транспорту має слабку залежність від строку їх експлуатації, тобто матеріал конструкцій є достатньо стійким до корозії.

**У п'ятому розділі** наводиться результати автора з розрахунку режиму експлуатації валу двигуна магістрального електровоза змінного струму ВЛ80, оцінки ресурсу вузла гіdraulічного демпфера коливань виляння електропоїзда подвійного живлення, наведено приклади оцінки ресурсу рами візка маневрового тепловоза ТЕМ2 та ресурсу рами кузова вагона-термоса, модернізованого для перевезення штучних і пакованих вантажів.

Рекомендовано ресурс рами кузова досліджуваного вагона призначити рівним 50 рокам від побудови, незалежно від якості металу посилюючих консольну частину рами кузова накладок.

**В основних висновках** показано, які вирішено важливі наукові та практичні завдання, спрямовані на розвиток та удосконалення методів оцінки міцності та витривалості несучих конструкцій рухомого складу, в тому числі, із закінченням строком служби.

## **5. Конкретні напрями використання одержаних наукових і прикладних результатів роботи**

Результати роботи можуть бути використані залізничними підприємствами України для зменшення витрат на технічне обслуговування і ремонт рухомого складу і продовження терміну його експлуатації. Про це свідчить акт впровадження результатів дисертації, складений фахівцями департаменту вагонного господарства АТ «Укрзалізниця».

Окремо слід звернути увагу, що метод оцінки ресурсу використано на залізничному депо Казахстану для визначення терміну експлуатації рами кузова вагона-термоса. Також з позитивом варто сприймати факт, що результати впроваджено, як для магістрального, так і промислового транспорту.

## **6. Повнота викладення в опублікованих роботах основних наукових і прикладних результатів дисертаційної роботи**

Основні результати, отримані у дисертації, опубліковано у 11 наукових працях, в тому числі: 3 статті у наукових фахових виданнях, затверджених ДАК МОН України; 2 статті опубліковані у виданнях, що індексується у міжнародній науково-метричній базі Scopus; 2 – у вітчизняних періодичних науково-практических виданнях; 4 матеріалів праць і тез науково-технічних конференцій.

## **7. Основні недоліки роботи, яка захищається. Оцінка в цілому змісту роботи, її завершеності, головні недоліки в частині оформлення**

На жаль, як і будь яка дисертація, ця робота не позбавлена недоліків. Їх можна згрупувати поблоково.

**1 блок** стосується методики оцінки втомного ресурсу НК.

1.1. При продовженні ресурсу не враховано рівень надійності конструкції. Зроблені прогнози ресурсу мають, так би мовити, точкову оцінку, не доведені до функції розподілу. В такому випадку не враховується вплив на ресурс розподілення характеристик опору втомі НК.

1.2. Прийняті допущення для моделі зниження границі витривалості занадто спрощують процес експлуатації НК. Тому важко вважати запропоновані розробки у якості «розвитку методів оцінки...», як це заявлено в назві роботи.

1.3. Незрозуміло, чому для підтвердження нормальності розподілу амплітуд циклічних напружень автор не користується загальновживаними статистичними критеріями погодження. Для цього застосовується лише графік розподілу (рис. 2.4). Відомо, що розподіл амплітуд залежить, як від

швидкісного режиму (який, зазвичай, підкорюється закону Пірсона), так і від типу колії (частість яких визначена). Тому підсумкове розподілення, здебільшого, має асиметричну форму (наприклад, закону Релея).

1.4. Але автор пропонує нормальності розподілу тільки для «великих амплітуд». В такому випадку постає питання, де їхня межа, чи ознака.

1.5. Відхилення від нормальності автор пов'язує «із зашумленістю процесів», коли малі амплітуди мають високу імовірність появи. Вони, очевидно, не потрапляють в розрахунок. Але насправді вони впливають на інтенсивність накопичення пошкоджень.

1.6. З матеріалів дисертації не ясно, чи пройшла запропонована модель витривалості експериментальну перевірку (саме перевірку, а не використання). Не доведено, які її переваги перед традиційними моделями.

1.7. На жаль з тексту дисертації опонент не ясно зрозумів, як на практиці користуватися методом визначення ресурсу при зниженні границі витривалості. Адже відсутні приклад розрахунку або безпосередньо програма «статистичного програвання». Таке питання постає у зв'язку з коректністю подавання основної формули (5) автореферату, по-перше. А по-друге, з невиразним результатом розрахунку: границя витривалості гасителя коливань за 400 років експлуатації зменшується на 3 МПа (рис. 5.10), що не перевищує точності визначення.

**2 блок** питань стосується, так званого, «апарату спрощеного розрахунку міцності конструкції з імовірною недосконалістю». Очевидно, йдеться про тріщиноподібні дефекти.

2.1. Задача розподілу напружень навколо вершини тріщини, яку розглядає дисертант, була вирішена понад 100 років тому. Неспроможність методів класичної механіки в цій ситуації привела до виникнення механіки руйнування. Але автор намагається використати методи саме класичної механіки. При цьому КІН в інтерпретації автора є позбавленим властивої йому поправочної функції  $\Theta_{ij}(\theta)$  (див. ф. (2.23)).

2.2. Береги тріщини помилково названі фронтом тріщини (див. підписи рис. 2.8). В даній ситуації фронт тріщини є прямим.

2.3. Фактично, в підрозділі розглянуто різноманітні форми концентратору напружень і приведено рішення для них (табл.2.1).

2.4. В подальшому автор ніяк не використовує отриманих рішень. Для оцінки тріщин в представленому вигляді вони непридатні, хоча б тому, що критичні напруження залежать від довжини тріщини або дефекту.

2.5. Незрозумілість наявності в дисертації даного підрозділу посилює сам автор, коли у 5 розділі на с. 127 пише «Моделювання НДС конструкції з тріщиною при розтяганні та згині є більш-менш тривіальною процедурою».

**3 блок** питань стосується експертизи руйнувань тягового валу двигуна магістрального електровозу.

3.1. Основною причиною руйнування валів електродвигунів автор вбачає в наявності внутрішніх дефектів металу. Це не є беззаперечним внаслідок ряду причин.

3.1.1. Чомусь автор вважає, що навантаження валів «ТЕД мають характер досить близький до квазістатичного», але на доказ цього приводить осцилограму з коливальним процесом.

3.1.2. В подальшому автор розглядає елипсоподібний дефект розміром 60\*20 мм. Але дефекти такого розміру виявляються при вхідному контролі металу підприємством-виробником. І навряд чи в кількості 21 руйнування за 3 роки (табл.1.6), це може бути пояснено тільки вродженими дефектами.

3.1.3. Визиває насторогу визначене місце-джерело руйнування: автор вважає, що воно походить з крупноволокнистої зони (яка властива стадії долому), хоча, зазвичай, руйнування визначається тонковолокнистою зоною, яка і спостерігається на зламі рис.1.14.

3.1.4. Незрозумілим є висновок, щодо внутрішніх причин руйнування валу, «так як продукти корозії та метал втомлених тріщин не містять неприродних для процесу експлуатації хімічних елементів» (с.135). Чому йдеться про втомні тріщини, якщо руйнування має за автором квазістатичний характер. І які елементи будуть свідчити про появу напружень вищих за допустимі.

3.1.5. Важко сприймається сценарій руйнування, наведений в п.4 на с. 135. Автор вважає, що руйнування при крутінні починається з поздовжньої тріщини, але вона виникає тільки при малоцикловій втомі, як і поперечна тріщина. Частіше при крутінні тріщина розвивається під кутом 45 градусів до вісі. Про який круговий згін йдеться мова?

3.2. Розрахункова оцінка небезпечності «несуцільності» також не позбавлена недоліків.

3.2.1. Формула (5.1) (с.131) отримана з формули (2.21), яка є фундаментом механіки руйнування. З неї витікає зв'язок між розміром дефекту і напруженням: відношення напружень дорівнює кореневі квадратному оберненого відношення розмірів. У якості напружень необхідно брати напруження, які є відповідальними за кожен тип (моду) руйнування. Автор же застосовує еквівалентні напруження за Мізесом, що є принципово невірним. В такій ситуації змішаного руйнування використовують певні критерії, які не є подібними до критеріїв складного напруженого стану (Мізес).

3.2.2. В загалі, в дисертації ігнорується поняття типу (моди) руйнування. Адже функція  $\Theta_{ij}(\theta)$  (див. зауваження 2.1) саме і залежить від неї.

3.2.3. В дисертації не показано зв'язку між вагою поїзду і напруженнями в валу (мабуть, автор вважає це також «тривіальною процедурою»). Якщо цей зв'язок є пропорційним (як випливає з канонічних рішень), то чому відношення розмірів дефектів є обернено пропорційним відношення ваги поїздів. Адже для відношення напружень використовується квадратний корінь (див. зауваження 3.2.1).

3.2.4. Опонент не знайшов пояснень для розрахункових, теоретичних і нормованих теоретичних напружень (табл. 5.1.,5.2, рис.5.6, 5.7).

3.2.5. На контурі несуцільності в результаті дослідження напруженого стану валу МСЕ виявлено два сплески напружень (рис.7 автореферату), які

автор назвав концентраторами. Незрозуміло їх походження в довільному місці, хоча немає ніяких відхилень регулярності форми або інших чинників, характерних для концентрації напружень.

3.2.6. Незрозуміло, на підставі чого зроблено висновок, що «розвиток первинної тріщини з неметалевого включення на поверхні та протягом декількох (до 20 циклів) змінних навантажень на вигін трапилося низькоенергетичне його руйнування».

Окрім наведеного слід відмітити наступні зауваження.

1. Не зовсім ясно, яким чином впливає метод оцінки якості вставок струмоприймачів на витривалість НК. Розділ, присвячений цьому питанню виглядає зайвим. Те ж саме можна сказати і про підрозділ, присвячений руйнуванням валів електродвигунів. Тим більш, що в ньому є серйозні недоліки.

2. Не наведено, за якими принципами встановлюються значення окремих коефіцієнтів  $R_{gij}$  і  $R_{cij}$  при рейтингуванні вставок.

3. Суперечливо трактується поняття наробітку. На с.26 наводиться його стандартне визначення «наробіток (напрацювання) НК – тривалість або об'єм навантажень, отриманий НК (виражений у пробігу рухомого складу, або в термінах строку експлуатації)». В подальшому автор не притримується цього і під наробітком розуміє комплексну величину D, яка радше є мірою пошкодження і має іншу розмірність, аніж власне, наробіток.

4. Автор вперше знайшов швидкість рівномірної корозії НК і вважає, що це може бути використано для прогнозування втрати несучої здатності. Але не наведено гранично допустимих рівнів корозійного зносу. До того ж, при наближенні до цього рівня швидкість збільшується на порядок. Очевидно, отримані значення швидкості відносяться до горизонтальних поверхонь балок і не стосуються вертикальних.

5. Відсутні результати вимірювання твердості поверхонь НК, за якими автор визначає границю витривалості. За якою методою вони проводились і яка точність результатів.

6. В підрозділі 1.6 наводиться лише табл.1.7 без коментарів. Тому не чітко ясно, за рахунок чого досягається економія коштів при продовженні ресурсу, більш призначеного.

7. На рис. 3.5, 5.6, 5.7 відсутні найменування осей координат.

8. По тексту дисертації непоодинокі малозрозумілі вислови, на кшталт:

- жорстка оцінка ресурсу рами,
- бюджетні вимірювальні засоби,
- промисловий транспорт більш перспективна, маневрена, економічно вмотивована частина залізничного транспорту,
- інтуїтивно зрозумілі виконавцями та Власниками (так, з великої літери) методики обстеження.

9. Відсутність отриманих патентів за темою дисертації, які засвідчують технічну новизну, дивує. Адже автор займався розробкою способів експериментальної оцінки.

Наведені недоліки, хоча і серйозні, але не стосуються основної мети дисертації, яку можна вважати досягнутою. Вони свідчать про складність проблеми ресурсу НК і важкість застосування сучасних досягнень науки без належної підготовки. Наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи. В цілому робота є завершеною науковою працею, характеризується наявністю елементів наукової і технічної новизни одержаних результатів. Зміст дисертації відповідає спеціальності, за якою автор захищається.

### **8. Ідентичність автореферату щодо змісту дисертації**

Автореферат, в цілому, відповідає змісту дисертації і розкриває основні наукові та практичні результати.

### **9. Загальні висновки**

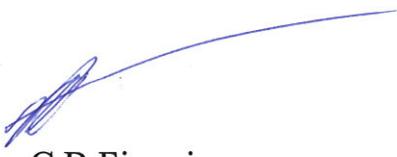
Дисертаційна робота Горобця Євгена Володимировича за рівнем теоретичних і експериментальних досліджень є завершеною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, що в сукупності дозволяють вирішити важливу задачу – розвиток методів оцінки міцності і витривалості НК РС з урахуванням сучасного стану залізничної галузі.

За напрямком проведених досліджень дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.22.07 – «Рухомий склад залізниць і тяга поїздів».

Дисертація за науковим рівнем, практичним значенням отриманих результатів, об'ємом, змістом, оформленням відповідає вимогам пункту 8 «Положення про порядок присудження наукових ступенів», а її автор Горобець Євген Володимирович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – «Рухомий склад залізниць і тяга поїздів».

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри машин і агрегатів металургійного виробництва Національної металургійної академії України

  
С.В.Білодіденко

Підпис С.В.Білодіденка засвідчує:

Начальник відділу кадрів  
НМетАУ

  
В.С.Шифрін



ЧДЧ-48/219  
від 07.09.21

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
**Горобця Євгена Володимировича**  
**«Розвиток методів оцінки міцності та витривалості несучих конструкцій**  
**рухомого складу залізниць»**, яка представлена на здобуття наукового  
ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад  
залізниць та тяга поїздів

Дисертаційна робота Горобця Євгена Володимировича, що представлена на захист, надрукована на українській мові і складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел з 158 найменування і додатку. Повний обсяг дисертації – 171 сторінки, з яких 148 сторінок основного тексту, рисунків – 61, таблиць – 36, додаток – на 5 сторінках.

### **Актуальність роботи**

Експлуатаційний локомотивний та вагонний парк залізниць України та промислових підприємств характеризується тривалим часом експлуатації вже після вичерпання призначеного терміну служби. Оновлення парку рухомого складу потребує тривалого часу та великих капітальних вкладень. Тому виникає необхідність в розвитку методів визначення можливості його подальшої безпечної експлуатації для забезпечення потреб у пасажирських та вантажних перевезеннях при неухильному дотриманні вимог безпеки руху.

Фізичний ресурс основних несучих конструкцій рухомого складу, як правило, допускає можливість подовження призначеного терміну служби. Враховуючи іноді недостатній рівень обслуговування, діагностики та ремонтів силами промислових підприємств та окремими перевізниками, обсяг планових робіт має бути доповнений роботами з оцінки важливих параметрів несучих конструкцій рухомого складу, систематичний моніторинг яких має забезпечити їх справний стан в період подовження терміну експлуатації.

Розвиток вказаних вище методів дозволить забезпечити можливість безпечної експлуатації рухомого складу та отримати необхідний час для поступового оновлення локомотивного та вагонного парків що сприятиме зниженню фінансового тиску на залізниці України та промислові підприємства. Вказане визначає актуальність дисертаційної роботи. Тому дана дисертаційна робота має великий науковий і практичний інтерес.

Дисертаційна робота виконувалась відповідно до науково-дослідних робіт за темами: «Проведення досліджень показників якості модернізованого вузла підвищеної надійності шкворневої балки вагону міжрегіонального поїзда подвійного живлення для пасажирських перевезень» в рамках

договору ДНУЗТ № ДР 0117U006915; «Проведення комплексних порівняльних випробувань вставок пантографів на мережі змінного струму» за договором ДНУЗТ № 86/2012-ЦТех-218/2012 – ЦО від 21.09.2012 р.; «Разработка проекта Технических условий «Капитальный ремонт с продлением срока службы четырехосного вагона, переоборудованного из грузового рефрижераторного», выполненного ТОВ «НВП «Укртрансакад» на замовлення Казахської залізниці (Казахстан Темір Жолы, КТЖ).

На підставі вищевикладеного вважаю, що актуальність обраної теми дисертаційної роботи Горобця Е.В., яка направлена на вирішення наукового завдання розвитку методів оцінки міцності та витривалості несучих конструкцій рухомого складу з урахуванням особливостей та умов експлуатації залізничного рухомого складу України - не визиває сумніву.

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність**

Автором вирішено наукове завдання з подовження призначеного терміну служби основних несучих конструкцій рухомого складу залізниць за рахунок удосконалення методів оцінки їх міцності та витривалості. При цьому наукові положення, висновки та рекомендації, які наведено в дисертації, науково обґрунтовані. Дослідження, які виконані здобувачем ґрунтуються на використанні методів експериментальної оцінки динамічного навантаження несучих конструкцій одиниць рухомого складу; методів теорії ймовірності та математичної статистики; методів механіки руйнування; методів вищої математики.

Достовірність наукових результатів підтверджується відповідністю результатів, які отримані на математичних моделях з дослідними даними, які були отримані в результаті експериментальних досліджень міцності несучих конструкцій рухомого складу.

### **Наукова новизна результатів дисертаційної роботи**

Наукову новизну представляють:

- вперше обґрунтовано застосування моделі витривалості із використанням ступеневої кривої, обмеженої знизу змінною в часі границею для оцінки ресурсу елементів несучих конструкцій (НК) рухомого складу, яка на відміну від існуючих підходів поєднує переваги використання ступеневої кривої витривалості та принципу зниження границі витривалості, що дозволяє більш точно оцінювати ресурс несучих конструкцій;

- удосконалений спосіб розрахунку припустимих навантажень НК з ймовірною наявністю недосконалостей на основі їх механічних характеристик та мікроструктури матеріалу НК, конфігурації та характеру навантаження деталі, яка, на відміну від звичайних методів розрахунку потребує мінімального обсягу інформації щодо статистичних характеристик навантажень НК;

- подальшого розвитку отримав спосіб ієрархічного порівняння якості елементів та вузлів рухомого складу, який є поєднанням експертних технологій прийняття рішень з нормалізацією даних задля спрощення процесу порівняння кількісних та якісних показників.

### **Практичне значення дисертаційної роботи**

Практичне значення дисертаційної роботи полягає в:

- оцінці строку безпечної експлуатації вузла демпфера коливань виляння візка міжрегіонального електропоїзда подвійного живлення «Hyundai-Rotem» (HRCS2), подовжені терміну служби НК тепловозів ТЕМ2, науковому супроводженні термічної правки рами кузова тепловоза ТЕМ2 зав. №2820 на замовлення ТОВ ЗТРЗ, критого вагона, переробленого з вантажного рефрижераторного, що дозволило забезпечити потрібний термін корисного використання об'єктів досліджень.

На основі положень, викладених в дисертації, обґрунтовано вибір накладок струмоприймачів змінного струму, що являють собою важливі змінні елементи конструкції електровоза, забезпечуючи його безпечну експлуатацію.

Практичне впровадження результатів роботи підтверджено актами впровадження і широкою апробацією результатів досліджень.

### **Завершеність роботи, стиль викладу, публікації**

Структура дисертаційної роботи є логічною з коректним застосуванням технічної мови. Стиль викладу чіткий і послідовний. Оформлення роботи відповідає вимогам МОН України до кандидатських дисертацій.

Публікації здобувача повною мірою відображають основні результати і висновки дисертаційної роботи. Здобувачем опубліковано 11 наукових праць, серед яких 7 наукових статей, з них 2 наукові статті, які входять до наукометричної бази даних SCOPUS, 3 статті у фахових виданнях, затверджених департаментом атестації кадрів МОН України, 2 – у вітчизняних періодичних науково-практичних виданнях, 4 – тези доповідей на міжнародних конференціях, що відображають основний зміст дисертаційної роботи.

Положення дисертації в повному обсязі доповідались на засіданні міжкафедрального наукового семінару за участю представників кафедр «Вагони та вагонне господарство», «Локомотиви», «Електрорухомий склад залізниць», «Електронні обчислювальні машини», «Безпека життєдіяльності» Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна у 2021 р.

Структура і зміст автореферату ідентичні до основних положень і висновків дисертації. Сукупність наукових результатів та практичного значення дозволяє зробити висновок про завершеність роботи та особистий внесок здобувача в транспортну науку.

## **Аналіз основного змісту дисертації**

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та основні задачі, які необхідно вирішити для її досягнення. Також в ньому приведено основні наукові положення, які винесені на захист та отримані практичні результати.

У **першому розділі** автор розглянув основні напрями подовження терміну служби рухомого складу, що відпрацював свій ресурс. Виконано аналіз розвитку нормативної бази рейкового транспорту та наукових публікацій за темою досліджень. Огляд наукових праць, що використовують теоретико-експериментальні методи дослідження динаміки та міцності рухомого складу і машинобудівних металоконструкцій. Визначено характеристики об'єктів досліджень в напрямку розвитку методів оцінки міцності та ресурсу елементів екіпажної частини та основних вузлів ТРС на прикладі рами кузова маневрового тепловоза TEM2; вузла демпфера коливань виляння рами візка електропоїзда подвійного живлення «Hyundai Rotem»; накладки пантографів магістральних електровозів змінного струму різних виробників; несучого кузова вантажного вагона, переобладнаного з рефрижераторного вагона для перевезення штучних і пакованих вантажів.

Проведений аналіз стану парку показав, що експлуатаційний парк рухомого складу України характеризується тривалим часом експлуатації вже після вичерпання призначеного строку служби. Забезпечення потреб залізничного транспорту в пасажирських та вантажних перевезеннях при неухильному забезпеченні вимог безпеки руху поїздів вимагає пошуку методів визначення можливості подальшої безпечної експлуатації рухомого складу.

На цій підставі визначено основні задачі дисертаційного дослідження.

У **другому розділі** автором запропоновано розвиток принципів та математичних моделей оцінки міцності і довговічності несучих конструкцій рухомого складу: положення методу «статистичного програвання» циклів навантажень випадкової амплітуди, модельованих з використанням нормального (Гаусового) закону розподілу ймовірностей, спрощений розрахунок міцності несучої конструкції з ймовірною недосконалістю. Розроблено фізико-математичний апарат спрощеного розрахунку міцності конструкції з ймовірною недосконалістю. Виконано вибір розрахункових математичних моделей для оцінки напружень при вістрі недосконалості. Розглянуто особливості статистичного оцінювання міри рівномірної корозії конструкцій ТРС промислового транспорту. Запропонована методика рейтингового оцінювання експлуатаційної якості елементів ТРС та методологія розрахунку ресурсу кузова вагона-термоса, модернізованого для перевезення штучних і пакованих вантажів.

У **третьому розділі** виконано оцінку важливих параметрів елементів та вузлів РС, які можуть впливати на безпеку руху, довговічність та експлуатаційну якість його елементів. Автором виконана оцінка

геометричних характеристик рами кузова тепловоза ТЕМ2 за запропонованою методикою. Наведено застосування ієрархічного рейтингового порівняльного оцінювання накладок пантографів електровозів змінного струму. Обґрунтовано застосування нормального закону до розподілу амплітуд циклів навантаження несучих конструкцій рухомого складу, що важливо для формалізації розрахунків за методом «статистичного програвання», що дозволяє суттєво розширити галузь застосування даного методу. Отримані дані проаналізовані з метою подальшого їх використання для оцінки міцності та залишкового ресурсу локомотивів.

У розділі 4 автор представляє оцінку показників навантаженості вузла демпфера коливань виляння електропоїзда подвійного живлення. Досліджено вплив вертикальної динаміки руху електропоїзда подвійного живлення на поздовжні навантаження демпфера коливань виляння його віzkів. Встановлено, що вплив вертикальної динаміки на підвищення рівню напружень у опорній плиті гасника коливань виляння може враховуватися введенням постійного коефіцієнту  $K_{vi}=0.947$ , що припускає постійне знаходження рами візка в несприятливому положенні щодо рами кузова

Проведено оцінку динамічної навантаженості кузова вагону-термоса, модернізованого для перевезення штучних і пакованих (за даними натурних випробувань) та наробітку при поздовжніх ударах (на підставі довідкових статистичних даних).

Оцінено рівень та характер рівномірної корозії несучих елементів локомотивів промислового транспорту, зроблено висновки щодо удосконалення регламентів вимірювання товщини локомотивів промислового транспорту. Встановлено, що рівень рівномірної корозії основних несучих конструкцій тепловозів промислового транспорту має слабку залежність від строку їх експлуатації, тобто матеріал конструкцій є достатньо стійким до корозії.

В п'ятому розділі дисертації проведено оцінювання використання запропонованих методів теоретичного дослідження на дослідних об'єктах. На основі застосування методу спрощеного розрахунку конструкції з тріщиною автором роботи встановлено, що експлуатація валів двигунів електровозів ВЛ80 з несуцільностями може бути продовжена при умові зменшення вагової норми поїздів до 4300 т. Визначено ресурс вузла гіdraulічного демпфера коливань виляння електропоїзда подвійного живлення, оцінений із застосуванням методів прямого порівняння наробітків та «статистичного програвання» складає 50 років від побудови.

Отримано оцінку ресурсу рами візка тепловоза ТЕМ2 1990 року побудови, яка склала 10 років експлуатації, а також проведено розрахунок ресурсу рами кузова вагону-термоса, модернізованого для перевезення штучних і пакованих вантажів шляхом прямого порівняння наробітків конструкції в процесі експлуатації з наробітками, отриманими з розрахункових (теоретична оцінка наробітку до руйнування на основі розрахунку границі витривалості) та довідкових (перехід від статистики ударних навантажень до напружень в елементах конструкції) даних.

Рекомендовано ресурс рами кузова досліджуваного вагона призначити рівним 50 рокам від побудови, незалежно від якості металу посилюючих консольну частину рами кузова накладок.

### **Зауваження до автореферату та дисертації**

При загальній позитивній оцінці наукової новизни, вірогідності й обґрутованості висновків необхідно відзначити наступні зауваження.

1) У авторефераті на стор. 5 вказано, що «...*розглянуто напрямки розвитку методів оцінки міцності та ресурсу елементів екіпажної частини на прикладі...накладки струмоприймачів магістральних електровозів...*» що не вірно, адже накладки струмоприймачів, як і сам струмоприймач ніколи не відносились (відповідно до загальновідомої класифікації складових частин локомотивів) до екіпажної частини.

2) На рис.1. стор. 7 автореферату не вказані літерні позначення двох окремих схем, а наведено лише опис після назви рисунку.

3) З автореферату не зрозуміло, чи розроблена нормативно-технологічна документація щодо впровадження запропонованих заходів на залізницях України та підприємствах промислового транспорту.

4) В першому розділі роботи можна було б не наводити формулювання понять пов'язаних з витривалістю конструкції їх можна було б винести в додатки.

5) У підрозділі 3.2 розділу 3 не зрозуміло, на основі яких даних встановлено значення умовних рейтингових коефіцієнтів по групах параметрів Rg.

6) Досить дискусійним є твердження автора роботи у висновках, що «..*на поточний момент галузь промислового транспорту є більш перспективною, маневrenoю та економічно вмотивованою моделлю залізничного транспорту в умовах України...*». З дисертаційної роботи не досить зрозуміло, на якій підставі зроблений цей висновок.

7) Потребують уточнення твердження автора щодо «...*виконання необхідних робочих операцій з подовження встановленого строку служби та контролю важливих параметрів рухомого складу в єдиному технологічному циклі ремонту та обстеження технічного стану несучих конструкцій рухомого складу...*» адже відповідно до Наказу Укрзалізниці від 30.01.2019 № 55-Ц про «Систему планово-попереджуvalьного ремонту та технічного обслуговування електровозів, тепловозів (ТРС), електро- та дизель поїздів в тому числі міжрегіональних (МВРС)» в систему технічного обслуговування ТО-6 входить виконання регламентних робіт з продовження терміну служби несучих конструкцій. При цьому дозволяється об'єднувати ТО-6 з виконанням технічного обслуговування ТО-3 та поточних ремонтів ПР-1, ПР-2, ПР-3, поточного і деповського ремонту.

Що стосується відповідності цього твердження для підприємств промислового транспорту, що можливо не мають чітко прописаного

регламенту проведення таких робіт, доцільно було б в роботі привести узгодження переліку робіт з подовженням встановленого терміну служби та контролю важливих параметрів рухомого складу та відповідними видами та обсягами ремонтних робіт в умовах транспортного цеху промислових підприємств.

8) В роботі досліджено розвиток рівномірної корозії основних несучих конструкцій тепловозів промислового транспорту від строку їх служби, причому залежність ця слабко виражена. Для визначення впливу активного навколошнього середовища на розвиток корозії несучих частин локомотивів (відповідно до формулювання автором об'єкту дослідження) доцільно було б виконати дослідження впливу кліматичних факторів таких, як середньорічні температури навколошнього повітря, вологість, сила вітру, умови знаходження локомотивів промислового транспорту в процесі роботи та очікуванні на підприємствах промислового транспорту, що знаходяться на різних територіях України.

9) У основних висновках п.б. автoreферату та роботи автор стверджує, що в роботі розроблено пропозиції щодо оптимізації обсягів контролю товщини основних несучих конструкцій ТРС. На мою думку це твердження потрібно уточнити, як «пропозиції з вибору раціонального обсягу контролю товщини».

10) Оцінку економічної ефективності запропонованих технічних заходів необхідно було б виконувати з урахуванням життєвого циклу по методиці, яка затверджена АТ «Укрзалізниця».

Зазначені зауваження ніякою мірою не знижують значимість представленої дисертаційної роботи.

### **Загальний висновок**

Дисертація Горобця Євгена Володимировича є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати, які в сукупності вирішують актуальне наукове завдання для розвитку теорії конструкції локомотивів, яке полягає в розвитку наукових методів оцінки міцності та ресурсу несучих конструкцій рухомого складу. Результати досліджень дозволяють подовжити термін служби несучих конструкцій рухомого складу, з дотриманням вимог безпеки руху, забезпечити зниження витрат на обслуговування та ремонт. Зміст дисертації та автoreферату в повній мірі відповідають паспорту спеціальності 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів.

Враховуючи актуальність роботи, її вагомість в теоретичному і практичному плані, достатній обсяг матеріалів, що були опубліковані і апробації роботи на конференціях, вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів п. 9, 11-14 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» згідно Постанови Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року

(зі змінами) які встановлено щодо кандидатських дисертацій, а Горобець Євген Володимирович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів.

**Офіційний опонент**

доцент кафедри електромеханіки та  
рухомого складу залізниць Державного  
університету інфраструктури та технологій,  
кандидат технічних наук, доцент

B.O. Караващук B.O.



Зарвізняк Олег  
Гарашук В.О.  
Гарашук В.О.

ГДЧ-48/220  
діг 10.09.21.