

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію

Залати Андрія Сергійовича

«Новітні технології вдосконалення конструкції та режимів роботи дизель-генераторних установок автономного рухомого складу»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії у галузі знань
27 – Транспорт за спеціальністю 273 – Залізничний транспорт

Актуальність теми дисертаційного дослідження

Сучасний етап розвитку залізничного транспорту України характеризується зростанням потреби в енергоефективних, надійних і екологічно безпечних засобах перевезення, здатних працювати в автономному режимі на неелектрифікованих ділянках. Значна частка таких перевезень виконується автономним рухомим складом, який оснащений дизель-генераторними установками (ДГУ). Саме ефективність і технічний рівень цих установок істотно визначають економічність транспортних процесів, вартість перевезень і рівень енергетичної незалежності галузі.

В умовах воєнного стану та масштабного відновлення транспортної інфраструктури України особливої ваги набуває підвищення надійності та автономності рухомого складу. Обмеженість постачання енергоресурсів, необхідність оперативного реагування на зміну транспортних маршрутів і потреба у стабільному енергозабезпеченні висувають нові вимоги до дизель-генераторних систем. Їх модернізація має забезпечувати не лише економію пального, а й стійкість роботи в екстремальних умовах експлуатації.

Актуальність дослідження також обумовлена посиленням екологічних вимог до транспортних засобів. Викиди продуктів згоряння дизельного палива залишаються одним із головних джерел забруднення атмосфери у транспортному секторі. Тому впровадження технологій, які забезпечують зниження токсичності відпрацьованих газів, є не лише економічною, а й соціально-екологічною необхідністю.

Наявні дизель-генераторні установки, що експлуатуються на залізничному транспорті, мають низку суттєвих недоліків: підвищену питому витрату палива, значні енергетичні втрати у системі «двигун – генератор», складність адаптації до змін навантаження, а також обмежену можливість діагностики технічного стану. Це призводить до зростання експлуатаційних витрат, зниження ресурсу обладнання та нестабільності енергозабезпечення автономного рухомого складу.

Розвиток інформаційних технологій, систем цифрового моніторингу та методів штучного інтелекту створює нові можливості для підвищення ефективності та автоматизації роботи ДГУ. Застосування інтелектуальних алгоритмів керування, нейронно-нечітких моделей і систем прогнозування дає змогу оптимізувати режими енергоперетворення, забезпечити адаптацію до змін зовнішніх умов і зменшити вплив людського фактору.

Отже, наукове завдання підвищення енергоефективності, надійності та екологічності дизель-генераторних установок автономного рухомого складу шляхом удосконалення їх конструкції, режимів роботи та систем керування є актуальним і практично значущим. Його вирішення сприятиме зниженню енергоспоживання залізничного транспорту, підвищенню технічного рівня автономного рухомого складу та реалізації стратегічних напрямів розвитку енергетичної незалежності України.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій

Дисертаційна робота Залати Андрія Сергійовича вирізняється високим рівнем наукової обґрунтованості основних положень, висновків і рекомендацій, що забезпечено застосуванням комплексного підходу та використанням сучасних методів аналізу і моделювання. У процесі дослідження автор ефективно поєднав методи математичної статистики, кластерного й кореляційного аналізу, аналізу даних, побудови штучних нейронних мереж.

Запропоновані математичні моделі та методи розроблено на високому науковому рівні, вони пройшли апробацію й продемонстрували ефективність у

межах поставлених умов. Точність і адекватність моделей підтверджено експериментально, результати моделювання та програмні реалізації наведено в додатках до дисертації.

Робота має чітку логічну структуру, характеризується послідовністю викладу та завершеністю дослідження. Основні результати пройшли апробацію на міжнародних науково-практичних конференціях, що свідчить про їх визнання науковою спільнотою.

Отже, аналіз рівня володіння здобувачем методологією наукового пошуку, а також розроблених ним методів і математичних моделей, дозволяє зробити висновок, що поставлене у дисертації наукове завдання виконано на високому рівні, а отримані результати є науково обґрунтованими, достовірними та мають практичну цінність.

Повнота викладення наукових результатів в опублікованих працях

За результатами дисертації опубліковано 12 наукових праць, з яких 5 наукових статей, що опубліковані у фахових виданнях категорії «Б», 1 додаткова стаття у фаховому виданні України категорії «Б», 1 стаття за результатами конференції у науковому виданні інших держав (включено до бази Scopus), 5 праць апробаційного характеру – тези доповідей на науково-технічних конференціях.

Аналіз змісту наукових праць дозволяє зробити висновок про достатню повноту викладення у них основних положень дисертації. Визначений авторський внесок у роботах, що опубліковані у співавторстві, дозволяє стверджувати, що отримані результати, які складають основу дисертації, належать Залаті Андрію Сергійовичу. Науковий рівень публікацій здобувача можна оцінити як високий.

Наукова новизна результатів дисертаційної роботи

Наукова новизна одержаних результатів полягає в успішному вирішенні наукового завдання, яке полягало в удосконаленні конструкції та режимів роботи дизель-генераторних установок автономного рухомого складу.

Вперше:

- обґрунтовано закономірності впливу змінних режимів роботи дизель-генераторних-установок (ДГУ) автономного рухомого складу на енергоефективність і довговічність агрегатів;

- розроблено модель інтелектуальної системи керування ДГУ автономного рухомого складу з використанням нейронно-нечітких моделей та адаптивних алгоритмів.

Доопрацьовано:

- математичну модель системи «двигун-генератор», що враховує теплові, механічні й електричні процеси для багатокритеріальної оптимізації;

- методику динамічного програмування для вибору оптимальних режимів роботи в умовах змінного навантаження.

Практичне значення отриманих результатів

Практичне значення одержаних результатів полягає у створенні науково обґрунтованих підходів і технічних рішень, спрямованих на підвищення енергоефективності, надійності та екологічної безпеки дизель-генераторних установок автономного рухомого складу.

Запропоновано методику багатокритеріальної оптимізації режимів роботи дизель-генераторних установок, яка враховує економічні, екологічні та надійнісні параметри. Використання цієї методики під час експлуатаційних розрахунків дозволяє обґрунтовано регулювати подачу палива, частоту обертання та навантаження генератора, що сприяє зменшенню динамічних навантажень і подовженню ресурсу основних вузлів ДГУ.

Важливим практичним результатом є створення інтелектуальної системи керування ДГУ, реалізованої з використанням нейронно-нечіткої логіки та елементів машинного навчання. Система забезпечує адаптацію до змін

навантаження, діагностику технічного стану агрегатів у режимі реального часу та прогнозування можливих відмов. Її впровадження у локомотивному господарстві дозволяє автоматизувати процеси керування, зменшити експлуатаційні витрати, знизити вплив людського фактора та підвищити рівень безпеки руху.

Отримані результати мають прикладне значення для підприємств залізничного транспорту, що здійснюють експлуатацію автономного рухомого складу. Вони можуть бути використані при розробленні програм енергоефективності та модернізації парку автономного рухомого складу ПАТ «Укрзалізниця».

Оцінка змісту дисертації

Робота складається зі вступу, п'яти розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел із 139 найменувань та додатку. Обсяг основного тексту складає 166 сторінок. Текст дисертації містить 14 рисунків, 6 таблиць, 139 найменування у списку використаних джерел та 2 додатків на 7 сторінках. Мова і стиль викладення змісту, оформлення дисертації в цілому відповідають вимогам, що пред'являються до кваліфікаційних наукових праць.

У вступі розкрито наукову й практичну значущість теми, що зумовлена необхідністю підвищення ефективності автономного залізничного транспорту, який працює на неелектрифікованих дільницях. Відзначено, що дизель-генераторні установки (ДГУ) залишаються основним джерелом енергії для такого рухомого складу, однак характеризуються високою питомою витратою палива, значним рівнем викидів шкідливих речовин та обмеженою стабільністю роботи. У контексті сучасних економічних і технічних викликів, а також відбудови транспортної інфраструктури України, проблема енергоощадності та надійності ДГУ набуває особливої актуальності. Обґрунтовано мету роботи – створення наукових і технічних засад удосконалення конструкції та режимів роботи дизель-генераторних установок для забезпечення їх ефективної експлуатації в автономному русі.

У першому розділі проведено аналіз сучасного стану й тенденцій розвитку дизель-генераторних установок залізничного транспорту. Здійснено порівняння конструкцій і систем керування, що застосовуються у вітчизняній та зарубіжній практиці. Визначено основні напрями еволюції – перехід до гібридних схем енергопостачання, цифровізація процесів керування, використання інтелектуальних алгоритмів контролю технічного стану. Показано, що підвищення питомої потужності, зменшення енергетичних втрат та оптимізація режимів роботи можливі за рахунок інтеграції адаптивних систем регулювання, які враховують динаміку навантаження й параметри навколишнього середовища.

Другий розділ присвячено теоретичним основам удосконалення конструкцій та режимів роботи ДГУ. Побудовано узагальнену математичну модель системи «двигун – генератор», яка описує взаємодію механічних, теплових та електричних процесів у динаміці. Модель дозволяє оцінювати вплив конструктивних і режимних параметрів на паливну економічність, стабільність і довговічність агрегатів. Запропоновано методику багатофакторної оптимізації, яка враховує економічні, екологічні та надійнісні критерії. Теоретичні розрахунки показали, що застосування запропонованих принципів дає можливість зменшити витрату палива, знизити рівень токсичних викидів та підвищити ефективність роботи системи в перехідних режимах. Окрему увагу приділено вибору матеріалів і конструкцій вузлів, які забезпечують підвищення ресурсу та зменшення теплових втрат.

У третьому розділі наведено результати експериментальних досліджень, проведених на спеціально створеному випробувальному стенді. Досліди охоплювали аналіз змін частоти обертання, крутного моменту, витрат палива та рівня викидів під час роботи ДГУ в різних режимах навантаження. Отримані дані підтвердили адекватність розроблених моделей та ефективність удосконалених конструктивних і системних рішень. Експерименти продемонстрували стабілізацію частоти генератора, зменшення динамічних перевантажень та поліпшення паливної економічності. Практичні результати засвідчили

можливість зниження експлуатаційних витрат та збільшення міжремонтного ресурсу установок.

Четвертий розділ присвячено моделюванню процесів енергоперетворення в системі «двигун – генератор» та пошуку оптимальних режимів її роботи. За допомогою середовища *Matlab/Simulink* розроблено цифрову модель, що відображає динаміку обертального моменту, потужності та температурних характеристик під час зміни навантаження. Використано алгоритми динамічного програмування для визначення оптимальних траєкторій роботи системи з мінімальними втратами енергії. Моделювання показало, що запропонований підхід забезпечує скорочення витрат палива без зниження стабільності параметрів, а також дає змогу прогнозувати ефективність системи при різних зовнішніх умовах.

У п'ятому розділі розроблено інтелектуальну систему керування дизель-генераторною установкою, яка поєднує методи штучного інтелекту, нейронно-нечітке регулювання та аналітичне прогнозування технічного стану. Система має модульну архітектуру, що забезпечує автоматичну адаптацію до зміни навантаження, контроль технічних параметрів у реальному часі та виявлення відхилень від оптимальних режимів. Реалізація системи в середовищі *Simulink* дозволила відпрацювати алгоритми керування, які знижують пікові навантаження, мінімізують паливні витрати та запобігають аварійним режимам. Випробування довели практичну доцільність її впровадження, зокрема економію палива та підвищення стабільності роботи генераторів.

У висновках узагальнено результати дослідження, що спрямоване на комплексне підвищення ефективності дизель-генераторних установок автономного рухомого складу. Запропоновані математичні моделі, методики оптимізації та інтелектуальна система керування становлять науково обґрунтовану основу для створення енергоефективних, екологічно безпечних і надійних систем енергозабезпечення залізничного транспорту. Практичне впровадження отриманих результатів сприятиме модернізації вітчизняного

рухомого складу, зниженню експлуатаційних витрат та підвищенню рівня технологічної автономності транспортної галузі України.

Основні дискусійні моменти та зауваження до дисертаційної роботи

Загалом представлена дисертаційна робота виконана на високому науковому рівні та складає добре враження, однак слід вказати на дискусійні моменти та зауваження, які мають місце, а саме:

1. У першому розділі наведено загальну характеристику сучасних дизель-генераторних установок, однак порівняльний аналіз технічних параметрів зарубіжних аналогів подано фрагментарно. Відсутня узагальнена таблиця або графічне зіставлення показників потужності, питомої витрати палива, ККД, масо-габаритних характеристик тощо. Така систематизація дала б змогу чіткіше виявити технологічні розбіжності і аргументувати необхідність удосконалення конструкції та режимів роботи дизель-генераторних установок, що експлуатуються на автономному рухомому складі в Україні.

2. У другому розділі автор пропонує математичну модель системи «двигун – генератор». У моделі не враховано низку важливих факторів, що істотно впливають на динаміку роботи системи. Зокрема, інерційність паливного насоса, нелінійність механічних характеристик та вплив коливань частоти обертання на генераторний струм. Таке спрощення спрощує розрахунки, але може призвести до втрати точності при відтворенні перехідних режимів. Для підвищення достовірності моделі варто включити до рівнянь додаткові залежності або подати корекційні коефіцієнти, що відображають реальні процеси.

3. У частині, присвяченій багатокритеріальній оптимізації, наведено три основні критерії – економічність, екологічність і довговічність. Проте не розкрито методику їх кількісного поєднання, вагових коефіцієнтів чи механізму прийняття компромісного рішення. Відсутність опису алгоритму нормалізації критеріїв або формування узагальненої цільової функції ускладнює розуміння процесу оптимізації.

4. У третьому розділі результати експериментів подано комплексно, без розділення впливу окремих технічних факторів (наприклад, удосконалення паливної системи, системи охолодження чи алгоритму керування). Такий підхід ускладнює визначення, які саме вдосконалення дали найбільший внесок у загальне зростання ефективності. Розділення впливу факторів дало б змогу глибше оцінити причинно-наслідкові зв'язки.

5. У четвертому розділі вказано, що для багатокритеріальної оптимізації застосовано методи динамічного програмування. Проте не розкрито причин вибору саме цього підходу серед альтернатив. Відсутність такої аргументації обмежує можливість оцінити оптимальність вибору математичного апарату.

6. Хоча автор стверджує, що розроблені алгоритми є універсальними і придатними для різних умов експлуатації, не наведено доказів їх масштабованості для інших типів дизель-генераторних установок. Не розглянуто вплив конструктивних відмінностей (тип генератора, об'єм двигуна, системи наддуву) на ефективність оптимізаційних рішень. Доцільно було б продемонструвати принаймні один приклад екстраполяції отриманих результатів на іншу модель ДГУ.

7. У роботі зазначено, що система реалізована у цифровому середовищі, але не уточнено, на якій апаратній платформі вона функціонує – мікроконтролер, промисловий комп'ютер тощо. Не наведено характеристик обчислювального середовища (тактової частоти, обсягу пам'яті, швидкості обробки сигналів), що має безпосередній вплив на час реакції системи керування.

Загальний висновок

На підставі аналізу дисертації Залати Андрія Сергійовича, поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 27 – Транспорт за спеціальністю 273 – Залізничний транспорт, вважаю, що сукупність представлених на захист результатів можна кваліфікувати як вирішення науково-прикладного завдання вдосконалення конструкції та режимів роботи дизель-генераторних установок автономного рухомого складу.

Дисертаційна робота є завершеною, оригіальною, самостійною кваліфікаційною науковою працею, що висвітлює актуальну тему і має вагоме теоретичне та практичне значення. Зміст дисертації відповідає темі дослідження та у достатній мірі розкриває сутність вирішення поставлених завдань. Наукові положення, висновки та рекомендації, які були сформульовані у дисертації, достатньо повно викладені у наукових публікаціях за темою роботи.

Дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти» (наукових установах), затвердженого постановою КМУ від 23 березня 2016 р. № 261 (зі змінами), а також вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою КМУ № 44 від 12 січня 2022 р. (зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМУ № 502 від 19.05.2023р.).

З урахуванням вище зазначеного вважаю, що Залата Андрій Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії у галузі знань 27 – Транспорт за спеціальністю 273 – Залізничний транспорт.

Офіційний опонент:

заступник директора

Навчально-наукового Київського
інституту залізничного транспорту
Національного транспортного
університету, д.т.н., професор



Олександр ГОРОБЧЕНКО



ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ

...ний секретар Національного
транспортного університету

Олександр ІВАНУШКО

...» 04 2026 р.