

ЗАТВЕРДЖУЮ:

В.о. ректора Українського державного
університету залізничного транспорту,



д.т.н., професор

Сергій ПАНЧЕНКО

Панченко 2025 р.

ВИСНОВОК

Українського державного університету залізничного транспорту
про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації
Залати Андрія Сергійовича на тему «Новітні технології вдосконалення
конструкції та режимів роботи дизель-генераторних установок автономного
рухомого складу», поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії з
галузі знань 27 - Транспорт за спеціальністю 273 – Залізничний транспорт

1. Актуальність теми дослідження та її зв'язок з науково-дослідними роботами.

У сучасних умовах розвитку залізничного транспорту зростає потреба в забезпеченні високої ефективності, екологічної безпеки та надійності енергозабезпечення автономного рухомого складу. Це зумовлено як глобальними тенденціями декарбонізації та цифровізації транспортної інфраструктури, так і прагненням до зниження експлуатаційних витрат та підвищення адаптивності технічних систем до змін навантаження, кліматичних умов і вимог безпеки. Одним із ключових елементів автономного рухомого складу є дизель-генераторна установка (ДГУ), яка перетворює енергію палива в електричну та механічну для забезпечення руху, живлення систем керування та життєзабезпечення. Відтак вдосконалення конструкції, параметрів роботи та керування ДГУ є актуальним завданням для інженерної науки і практики.

Попри активну електрифікацію залізничної інфраструктури, значна частина ліній в Україні, а також у країнах Центральної та Східної Європи, зберігає статус неелектрифікованих. Відповідно, на цих напрямках експлуатація автономних тягових засобів залишається незамінною. Такі транспортні одиниці забезпечують мобільність пасажирських і вантажних потоків, зокрема в регіонах із низькою щільністю інфраструктури або недостатньо розвиненою мережею підстанцій. Водночас ефективність роботи дизельного приводу залишається предметом критики через високі питомі витрати палива, неефективне функціонування при малих навантаженнях та значні обсяги шкідливих викидів.

Аналіз конструкцій, які переважають у сучасному парку автономного рухомого складу, свідчить про наявність технічних застарілих рішень у багатьох сегментах. Це стосується як архітектури паливної системи, так і схем регулювання обертів та автоматизації керування. У більшості випадків дизельні агрегати працюють за фіксованими алгоритмами, які не враховують змінні режими навантаження, особливо у циклічному русі, коли часті зупинки та розгони провокують нераціональне використання палива. Крім того, в умовах сучасної конкуренції транспортних засобів за енергоефективність традиційна дизельна тяга програє як електрифікованим лініям, так і новим технологіям на основі гібридних або водневих систем.

Зважаючи на зазначене, зростає потреба в перегляді підходів до організації роботи дизель-генераторних установок. Це передбачає не лише покращення елементної бази, а й розробку нових алгоритмів керування, застосування систем рекуперації енергії, інтеграцію накопичувачів енергії (акумуляторів, суперконденсаторів) та впровадження засобів автоматизованого діагностування. Застосування комплексного підходу дає змогу суттєво підвищити загальний коефіцієнт корисної дії установки, знизити енергетичні втрати та оптимізувати роботу двигуна відповідно до поточних умов експлуатації.

Не менш важливою є екологічна складова проблеми. Хоча частка залізничного транспорту в цьому показнику є меншою порівняно з автомобільним, дизельні локомотиви та рейкові автобуси створюють локальні

джерела викидів, особливо в густонаселених районах або біля вузлових станцій. Впровадження технологій, що знижують емісію оксидів азоту (NO_x), вуглецю (CO) і твердих часток (PM), стає не лише екологічною вимогою, а й умовою подальшої інтеграції національного транспорту в європейську систему.

Окремим напрямом підвищення ефективності ДГУ є застосування сучасних засобів діагностики й прогнозування технічного стану. З огляду на високий ступінь навантаження й складні режими роботи, дизельні агрегати є вразливими до зношення, вібраційних навантажень, температурних коливань та інших негативних факторів. У цьому контексті впровадження систем моніторингу на базі сенсорних вузлів, інтегрованих з керуючим контролером, дозволяє отримувати оперативну інформацію про температурний, вібраційний, акустичний стан установки, виявляти ранні ознаки відмов і своєчасно реагувати на їх появу.

В умовах інтенсивної експлуатації рухомого складу критично важливою є побудова систем технічного обслуговування за станом (predictive maintenance), яка ґрунтується на аналізі тенденцій змін параметрів у часі. Це дозволяє мінімізувати незаплановані простої, підвищити коефіцієнт технічної готовності та забезпечити безпечну експлуатацію дизельного приводу. Зазначене особливо актуальне для залізниці, де переривання руху на критичних ділянках спричиняє порушення логістичних ланцюгів і негативно впливає на загальний транспортний процес.

Слід також відзначити значення удосконалення механізмів керування частотою обертання колінчастого вала та навантаженням генератора. Традиційні схеми передбачають фіксовану частоту обертання відповідно до умов навантаження, що не завжди дозволяє працювати в оптимальній точці паливної карти. Застосування систем із частотно-регульованими приводами, перетворювачами енергії, асинхронними або синхронними генераторами із постійними магнітами дозволяє більш гнучко адаптувати режим роботи системи до актуального споживання. Це також відкриває шлях до електронного керування характеристиками вихідної напруги та струму, що особливо важливо при

інтеграції ДГУ у складні енергосистеми із численними споживачами, такими як кондиціювання, освітлення, системи безпеки тощо.

Дослідження в цьому напрямі також включають оптимізацію масогабаритних характеристик ДГУ. Сучасні тенденції розвитку залізничного транспорту орієнтуються на зниження ваги рухомого складу без втрати функціональності. У цьому контексті актуальним є застосування легких матеріалів (алюмінієвих сплавів, композитів), адитивних технологій виготовлення конструкцій та модульного компонування вузлів. Такі підходи дозволяють не лише знизити масу агрегату, а й забезпечити його ремонтпридатність і гнучкість конфігурації відповідно до вимог конкретного застосування.

У межах сучасних інженерних підходів до проєктування та експлуатації дизель-генераторних систем усе більшого значення набуває інтеграція цифрових технологій. Зокрема, реалізація концепцій «цифрового двійника» для дизель-генераторної установки дозволяє створити віртуальну модель фізичної системи, яка синхронно відтворює її стан у реальному часі. Це відкриває нові можливості для прогнозування поведінки установки, тестування сценаріїв навантаження, оптимізації алгоритмів керування та підвищення точності діагностування несправностей.

Впровадження таких цифрових рішень відповідає загальноєвропейським та світовим тенденціям у сфері транспортної інженерії, де цифровізація розглядається як одна з ключових складових стратегії сталого розвитку. Поєднання фізичного та віртуального середовищ експлуатації дозволяє скоротити час і витрати на випробування нових рішень, швидше впроваджувати інновації в серійне виробництво, знижувати ризики відмов і підвищувати рівень безпеки перевезень.

Крім того, зазначена тематика цілком відповідає завданням, окресленим у стратегічних документах національного та європейського рівнів у сфері розвитку транспорту. Вона знаходиться на перетині ключових напрямів сучасної науки — енергетичної ефективності, електромеханіки, автоматизації, системного аналізу та інформаційних технологій. Саме міждисциплінарний характер проблеми

обумовлює її складність і водночас актуальність у науковому та прикладному аспектах.

З огляду на вищенаведене, слід підкреслити, що дослідження, присвячене вдосконаленню дизель-генераторних установок автономного рухомого складу залізничного транспорту, має комплексне інженерне значення. Його результати здатні зробити внесок у підвищення ефективності транспортної системи, її екологічності, технологічної стійкості та конкурентоспроможності в умовах сучасних викликів. Актуальність даної теми є обґрунтованою як з теоретичного, так і з прикладного погляду, що надає підстави для проведення поглибленого наукового дослідження у цьому напрямі.

2. Мета і задачі дослідження.

Мета дослідження – розробити теоретичні основи та практичні рекомендації щодо вдосконалення конструкції й режимів роботи дизель-генераторних установок автономного рухомого складу для підвищення їхньої енергоефективності, надійності та екологічності.

Для досягнення поставленої мети були визначені такі основні задачі:

- провести аналіз сучасного стану конструкцій та режимів роботи дизель-генераторних установок автономного рухомого складу;
- дослідити вплив конструктивних особливостей на енергетичні показники ДГУ;
- розробити новітні конструктивні рішення для підвищення ефективності роботи ДГУ;
- створити математичні моделі для аналізу та оптимізації режимів роботи;
- провести експериментальні дослідження ефективності новітніх рішень;
- розробити рекомендації щодо впровадження удосконалених ДГУ в експлуатацію.

3. Наукові положення, розроблені особисто здобувачем, та їх новизна.

Здобувачем вирішено наукове завдання вдосконалення конструкції й режимів роботи дизель-генераторних установок автономного рухомого складу для підвищення їхньої енергоефективності, надійності та екологічності.

Об'єкт дослідження – процеси енергоперетворення, конструктивні рішення, режими роботи ДГУ та методи їх оптимізації для підвищення енергоефективності та надійності.

Предмет дослідження – дизель-генераторні установки автономного рухомого складу.

Положення, що виносяться на захист, та складають наукову новизну дисертаційного дослідження, наступні:

Вперше:

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

4. Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій.

Дисертаційна робота здобувача Залати А.С. є завершеною науковою працею, яка виконувалась протягом 2021-2025 рр. Наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи є в достатній мірі обґрунтованими та випливають з результатів досліджень. Зокрема, при виконанні дослідження

використано великий обсяг сучасних літературних джерел, значна кількість яких є авторитетними науковими публікаціями, що індексуються наукометричними базами Scopus, WoS та Index Copernicus.

Для досягнення поставленої мети дисертаційного дослідження та розв'язання наукових завдань було використано комплекс методів, які охоплюють теоретичні, числові, експериментальні та інженерно-аналітичні підходи:

Застосовано числове моделювання динамічних процесів у системі «двигун – генератор – навантаження» із використанням програмного середовища MATLAB/Simulink. Розроблено моделі нелінійної динаміки енергетичного процесу при змінних режимах роботи, що дозволило оцінити вплив алгоритмів керування на ефективність і стабільність роботи ДГУ.

Проведено структурний аналіз функціональних зв'язків між компонентами ДГУ. Це дозволило виділити критичні підсистеми, які визначають надійність і ефективність роботи в умовах експлуатації залізничного транспорту.

Використано методи багатокритеріальної оптимізації для вибору параметрів алгоритмів керування обертами двигуна та навантаженням генератора. Оптимізація здійснювалась за критеріями паливної економічності, мінімізації викидів та динамічної стабільності.

Для статистичної обробки результатів випробувань використано методи дисперсійного аналізу, кореляційного аналізу, оцінки похибок та побудови довірчих інтервалів. Результати представлені у вигляді графіків, гістограм, таблиць та регресійних моделей.

Застосовано методики розрахунку теплових режимів, навантажень, балансів потужності, які використовуються у проектуванні енергетичних систем. Змодельовано альтернативні конструктивні варіанти компонування вузлів ДГУ з урахуванням просторових обмежень залізничного транспорту.

Верифікація математичних моделей здійснена шляхом порівняння результатів моделювання з експериментальними даними, отриманими під час натурних або лабораторних випробувань. Розбіжність між теоретичними та практичними результатами не перевищила допустимих значень (5–7%).

Для моделювання складних нелінійних взаємозв'язків у системі «ДГУ – навантаження – зовнішні умови» використано метод адаптивної нейро-нечіткої логічної інференції (ANFIS). Цей метод поєднує переваги нечітких експертних систем та штучних нейронних мереж, що дозволило будувати високоточні моделі поведінки дизель-генераторної установки на основі експериментальних даних.

ANFIS-моделі були навчені на основі даних, отриманих у процесі випробувань різних режимів роботи ДГУ (навантаження, температура, витрати пального, оберти тощо). Після тренування система могла прогнозувати вихідні параметри (витрати пального, стабільність частоти, рівень викидів) при зміні вхідних умов. Це дозволило сформувати адаптивну систему підтримки прийняття рішень щодо вибору оптимальних режимів роботи.

5. Теоретичне і практичне значення результатів дисертаційного дослідження

У дисертаційній роботі отримано нове рішення науково-технічної задачі підвищення енергоефективності, надійності та екологічної безпеки автономного рухомого складу шляхом розроблення теоретичних основ, математичних моделей і методів оптимізації конструкції та режимів роботи дизель-генераторних установок. Отримані результати становлять науково-методичне підґрунтя для створення нових і модернізованих дизель-генераторних установок з підвищеними показниками паливної економічності, надійності та екологічної безпеки, а також формують теоретико-методологічну основу для розвитку концепції інтелектуалізації систем управління дизель-генераторними установками автономного рухомого складу.

Практичне значення отриманих результатів:

Результати дослідження дозволяють:

- підвищити паливну економічність автономного рухомого складу на 10–15% завдяки впровадженню оптимізованих режимів роботи дизель-генераторних установок та інтелектуальних систем керування подачею палива і навантаженням;

- зменшити рівень шкідливих викидів у навколишнє середовище шляхом стабілізації режимів роботи двигуна, покращення процесів згоряння палива та ефективнішої роботи систем очищення відпрацьованих газів;
- збільшити міжремонтний пробіг дизель-генераторних установок за рахунок зниження теплових і механічних навантажень на основні елементи двигуна, удосконалення системи змащення, охолодження та контролю технічного стану;
- удосконалити конструктивні рішення нових і модернізованих дизель-генераторних установок шляхом застосування розроблених у роботі моделей і методів для оптимізації конструкційних параметрів та режимів експлуатації;
- розробити практичні рекомендації для підприємств залізничного транспорту щодо модернізації існуючих парків автономного рухомого складу, спрямовані на підвищення енергетичної ефективності, надійності та зниження експлуатаційних витрат.

6. Апробація результатів дослідження.

Основні результати і положення дисертаційної роботи пройшли обговорення та отримали позитивну оцінку на засіданнях кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту протягом 2021-2025 років під час атестації аспірантів, доповідались і обговорювались на наступних конференціях:

всеукраїнська науково-практична конференція «Світові тенденції ресурсозбереження на електричному транспорті». Харків, 25 – 27 жовтня 2023 року;

International Scientific Conference of Aeronautics, Automotive and Railway Engineering and Technologies BulTrans-2024. Sozopol, Bulgaria, Technical University of Sofia, 10 – 13 September 2024;

2-а Міжнародна науково-технічна конференція “Прогресивні технології засобів транспорту”. Харків, 05 – 06 грудня 2024 р.;

5-та міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології». Харків, 25-27 листопада 2024 р.

38маї Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті», м. Харків 9-10 жовтня 2025 року.

У повному обсязі дисертація доповідалась та була схвалена на розширеному засіданні кафедри експлуатації та ремонту Українського державного університету залізничного транспорту за участю рецензентів 17 жовтня 2025 року.

7. Повнота викладення основних наукових результатів дисертації в публікаціях та особистий внесок у них автора.

Дисертаційна робота є результатом самостійного науково-прикладного дослідження автора. Результати дисертаційного дослідження, що складають наукову новизну та виносяться на захист, отримано здобувачем самостійно. Науково-практичні результати, отримані в даного дисертаційного дослідження опубліковано 6 наукових праць, з яких три наукових статті, що опубліковані у фахових виданнях категорії «Б», три праці апробаційного характеру – тези доповідей на науково-технічних конференціях.

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати:

1. Пузир, В., Обозний О, Залата, А. (2023). Вплив системи охолодження на енергетичні показники тягового генератора. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, 4 (155), 86-90.

2. Пузир, В., Обозний О, Залата, А. (2025). Інтелектуальна система керування дизель-генераторною установкою автономного рухомого складу на основі нейронно-нечітких моделей та еволюційної оптимізації. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті,, 2 (161), 93-97. DOI: 10.18664/ikszt.v30i2.335370

3. Обозний, О., Залата, А., Нотченко, Д. (2025) Економічна доцільність впровадження інтелектуальних систем керування дизель-генераторними установками автономного рухомого складу. Вісник економіки транспорту і промисловості, 90, 189-199. DOI: <https://doi.org/10.18664/btie.90.337428>

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації::

4. Пузир, В.Г., Обозний О.М., Залата А.С. Реалізація системи охолодження тягових електричних машин під час модернізації тепловозів. Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Світові тенденції ресурсозбереження на електричному транспорті» (25 – 27 жовтня 2023 року, м. Харків). – С. 128 – 130

5. Залата, А.С. Новітні технології удосконалення конструкції та режимів роботи дизель-генераторних установок автономного рухомого складу Тези доповідей 2-ої міжнародної науково-технічна конференція «Прогресивні технології засобів транспорту», (Харків, 05 – 06 грудня 2024 р.) С. 29 – 31

6. Залата, А.С., Нотченко, Д.А., Економічна оцінка та технічні рішення для інтелектуалізації системи управління дизель-генераторними установками автономного рухомого складу залізниць. МАТЕРІАЛИ двадцять першої науково-практичної міжнародної конференції «Міжнародна транспортна інфраструктура, промислові центри та корпоративна логістика» (5-6 червня 2025р. м. Харків, Україна). С. 335 – 337.

У публікаціях, виконаних у співавторстві, здобувачу належать такі результати: [1] – проведено експериментальні дослідження впливу параметрів охолоджувальної системи на енергетичні показники генератора, виконано обробку та інтерпретацію результатів вимірювань, сформульовано висновки щодо доцільності впровадження модернізованої системи охолодження для підвищення ККД та зниження теплових втрат. [2] – розроблено концепцію інтелектуальної системи керування дизель-генераторною установкою, створено структуру нейронно-нечіткої моделі для адаптивного регулювання режимів роботи. [3] – побудовано економіко-математичну модель оцінювання ефективності інновації, виконано розрахунки прогнозованої економії палива та продовження ресурсу основних агрегатів. [4] – здійснено оцінку впливу запропонованих змін на енергоефективність і надійність роботи електричних машин у складі модернізованого тепловоза. [5] – визначено основні технічні недоліки існуючих конструкцій, запропоновано комплекс інженерних рішень щодо удосконалення конструкції та режимів роботи ДГУ, обґрунтовано їхній вплив на зниження

питомої витрати палива та підвищення ресурсу основних агрегатів. [6] – розроблено варіанти архітектури інтелектуальної системи керування, здійснено попереднє технічне проектування та обґрунтовано очікувану економію палива і продовження ресурсу ДГУ при реалізації запропонованих рішень.

8. Загальний висновок.

Дисертація Залати Андрія Сергійовича на тему «Новітні технології вдосконалення конструкції та режимів роботи дизель-генераторних установок автономного рухомого складу» є оригінальним, самостійним, завершеним науковим дослідженням, що стосується актуальної проблематики і містить оригінальні підходи щодо розв'язання теоретичних та практичних завдань по вдосконаленню конструкції та режимів роботи дизель-генераторних установок автономного рухомого складу.

Основні положення, висновки та рекомендації дисертаційного дослідження містять елементи наукової новизни, є повністю обґрунтованими та науково-практично аргументованими і отримали апробацію на науково-практичних конференціях. Всі наукові положення та отримані результати дослідження знайшли відображення в публікаціях здобувача. Зміст дисертації відповідає визначеній меті. Поставлені здобувачем наукові завдання вирішені в повній мірі і науково обґрунтовані. Мету дослідження досягнуто. Дисертаційне дослідження виконане державною мовою.

За актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів дисертація Залати Андрія Сергійовича відповідає спеціальності 273 – залізничний транспорт 27 - Транспорт та вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 березня 2016 року № 261 (зі змінами і доповненнями від 03 квітня 2019 року № 283) та 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 Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44 зі змінами, внесеними згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 21 березня 2022 року № 341, а також Вимогам до оформлення дисертації, затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 року № 40.

Дисертація Залати Андрія Сергійовича на тему «Новітні технології вдосконалення конструкції та режимів роботи дизель-генераторних установок автономного рухомого складу» може бути рекомендована до подання та захисту в разовій спеціалізованій вченій раді на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Головуючий:

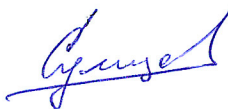
професор кафедри експлуатації
та ремонту рухомого складу
Українського державного університету
залізничного транспорту,
професор, д.т.н.



Олександр КРАШЕНИНІН

Секретар:

доцент кафедри експлуатації
та ремонту рухомого складу
Українського державного університету
залізничного транспорту,
доцент, к.т.н.



Андрій СУМЦОВ