

Голові спеціалізованої вченої ради Д 26.110.01
Державного університету інфраструктури та технологій
Д-ру техн. наук, професору Паніну В.В.

**ВІДГУК
ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**

доктора технічних наук, професора **Варбанця Романа Анатолійовича**
на дисертаційну роботу **Кулагіна Дмитра Олександровича** на тему:
**«Методологія підвищення енергоефективності дизель-генераторних
енергетичних установок засобів транспорту»**,

подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.05.03 «Двигуни та енергетичні установки»
(14 – Електрична інженерія)

1. Актуальність теми дисертації. Транспортні засоби займають провідне місце в задоволенні потреб виробничої сфери, військового та агропромислового комплексів у перевезеннях, розвитку зовнішньоекономічних зв'язків держави і є важливим фактором забезпечення сталого економічного розвитку даних галузей, від чого напряму залежить зростання валового національного продукту України.

Для розв'язання практичної проблеми зниження енергетичних витрат транспортної галузі важливою є задача підвищення енергетичної ефективності парку дизельних агрегатів, для вирішення якої досліджуються та створюються сучасні конструкції енергетичних установок та джерел енергії для них, зокрема проводиться встановлення електричних елементів енергоустановок на базі сучасної перетворювальної техніки, розробляються сучасні алгоритми управління рухом. Об'єктивними перевагами транспортних засобів з електричними трансмісіями є зменшення експлуатаційних витрат до 40%, зниження кількості шкідливих викидів до 25%, менший рівень шуму. Але питання підвищення вартості енергоресурсів визначає науково-прикладну проблему розвитку наукових основ зменшення

енергоємності дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту. В основі даної проблеми лежить недовикористання енергетичного потенціалу дизель-генераторних систем (робота поза можливими для даної транспортної одиниці межами максимального статичного та динамічного ККД та мінімального питомого рівня витрат палива), яке пов'язане з необхідністю підвищення енергетичної ефективності дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту за усталеними та перехідними характеристиками, а також при застосуванні електричного гальмування на коротких дистанціях руху, необхідністю вдосконалення систем керування та алгоритмів управління рухом.

Вирішення задачі підвищення енергоефективності дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту в умовах складної ситуації на ринку енергетичних ресурсів України та надання пріоритетності розвитку транспортного комплексу України дозволяє забезпечити зростання незалежності вказаної галузі від цілої низки чинників, які мають значний вплив на основні показники роботи багатьох підприємств та суміжних сфер. Енергозбереження та раціональне використання енергії під час виконання технологічних процесів у всіх службах та господарствах транспорту є основним резервом розвитку та забезпечення стабільності багатьох суміжних галузей в найближчій перспективі. Вказана проблема носить комплексний, багатокритеріальний характер. Її вирішення вимагає дослідження цілої низки складних науково-практичних задач, поєднання їх рішень в єдину систему взаємопов'язаної методології, яка має поєднувати методи, принципи та підходи, методичні та алгоритмічні засоби розвитку наукових основ зменшення енергоємності дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту.

Отже, науково-прикладна проблема дисертаційної роботи, яка напрямлена на зменшення енергоємності дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту є актуальною.

Актуальність теми підтверджується також і тим, що дисертаційна робота виконана автором в рамках «Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року» при виконанні досліджень в якості провідного виконавця у відповідності до тематичного плану наукових досліджень за держбюджетною темою ДБ 03715 «Енергоощадне керування експлуатаційними характеристиками та параметрами систем електричної тяги автономного електрорухомого складу» (номер держреєстрації 0115U002567), за темою ДБ № 01719 від 01 вересня 2009 року «Розробка методів оптимізації систем електропостачання з напівпровідниковими перетворювачами і ЕТУ» (номер держреєстрації 0109U007668), за темою ДБ № 03712 від 01 вересня 2012 року «Розробка заходів для підвищення ефективності експлуатації й проектування систем електропостачання та ЕТУ» (номер держреєстрації 0112U005347), за темою № 03715 від 01 вересня 2015 року «Оптимізація систем електропостачання та ЕТУ з метою енергозбереження та покращення експлуатаційних характеристик» (номер держреєстрації 0115U004673).

2. Аналіз літератури, використаної в дисертаційному дослідженні.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується використанням широкої інформаційної бази за темою дисертації, в т.ч. стандартів, офіційних статистичних даних, нормативно-правових актів, монографій, численних наукових публікацій вітчизняних та зарубіжних вчених, інтернет - джерел.

Перелік використаної літератури в дисертаційному дослідженні складає 325 найменувань.

3. Аналіз публікацій автора за темою дисертації.

Результати дисертаційної роботи опубліковано в 92 друкованих наукових працях (58 з них одноосібно, причому 13 опубліковано на англійській мові), у тому числі: 6 монографіях (1 з них одноосібно), 43 статтях у фахових виданнях (з них 7 статей у закордонних фахових наукових виданнях, 38 статей у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних

баз та мають імпакт-фактор, включаючи 6 статей у виданнях, що входять до наукометричної бази Scopus), в 20 матеріалах конференцій та захищені 20 патентами України на винаходи і корисні моделі та авторськими свідоцтвами.

Публікації та автореферат в повній мірі відображають зміст дисертаційної роботи. Аналіз публікацій автора дозволяє зробити висновок про повноту викладу основних наукових положень дисертаційного дослідження у науковій літературі. Кількість публікацій є достатньою для висвітлення результатів дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук відповідно до вимог.

4. Ступінь достовірності та обґрунтованості наукових положень, висновків та результатів дисертації підтверджується коректним застосуванням розроблених аналітичних методів, збіжністю результатів, отриманих з використанням розроблених методів та експериментальних польових досліджень. При моделюванні ураховані нелінійні властивості та особливості структури реальних транспортних засобів і виникаючих відповідних енергетичних, електромеханічних та електромагнітних процесів перетворення енергії в дизель-генераторних системах. Результати розрахунків порівнювались з результатами фізичних експериментів.

Автором дисертації чітко окреслені і логічно побудовані мета та завдання дослідження, обґрунтовано теоретичні та методичні підходи щодо їх виконання, розроблено і апробовано відповідні пропозиції, які у своїй комплексності є науковим шляхом вирішення наміченої науково-прикладної проблеми дисертаційної роботи, яка напрямлена на зменшення енергоємності дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту. Особливо варто відмітити, що завдання дослідження, положення наукової новизни і висновки дисертації є логічно взаємопов'язаними. Результати дослідження отримані автором особисто.

Дисертаційна робота Кулагіна Д. О. є оригінальною науковою працею, яка виконана на належному теоретичному і прикладному рівні. Вона має

послідовну та виважену структурну будову і за своєю архітектонікою є комплексним та завершеним науковим дослідженням. Зміст роботи та багатогранність висвітленої проблеми свідчать про різносторонню, і водночас комплексну наукову компетентність її автора. На користь надійності та достовірності представлених у роботі результатів дослідження свідчить те, що для вирішення поставлених завдань і підтвердження встановленої наукової гіпотези відповідно до мети роботи обрано методи досліджень, які базуються на системному підході та фундаментальних положеннях теорії енергетичних установок, електротехніки, електромеханіки, математичної фізики, теорії машинно-тракторних агрегатів та засобів транспорту. Для виконання декомпозиції дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту і розробки та аналізу математичної моделі декомпозованої структури використано синергетичний підхід, метод декомпозиції, метод динамічних індуктивностей, метод узагальнених векторів та операторний метод. Для дослідження енергетичної ефективності дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту в усталених режимах використано метод динамічних індуктивностей, елементи теорії автоматичного керування, методи рішення диференціальних рівнянь. Для дослідження енергетичної ефективності дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту в перехідних режимах використано елементи теорії автоматичного керування, методи рішення диференціальних рівнянь та математичний апарат варіаційного числення, концепція гнучких кінематичних траєкторій. Для аналізу енергетичної ефективності дизель-генераторних систем при застосуванні електричного гальмування на коротких дистанціях руху використано теоретичні та емпіричні наукові методи, методи математичного та імітаційного моделювання, метод експериментального дослідження.

Викладене вище свідчить про обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, що викладено у дисертаційній роботі Кулагіна Д. О.

5. Наукова новизна положень, висновків та результатів дисертації.

У дисертаційній роботі Кулагіна Д. О. сформульовано та обґрунтовано ряд положень, висновків, пропозицій, які відзначаються науковою новизною та мають практичну спрямованість. Наукові положення сформульовані автором самостійно й відображають особистий внесок дисертанта в розвиток технічної науки та її галузі – електрична інженерія, та зокрема спеціальності двигуни та енергетичні установки.

Наукова новизна роботи викладена конкретно, послідовно і системно.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

1. Вперше запропоновано узагальнену класифікацію дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту за тяговими потужностями та споживанням власних потреб, що дозволяє проводити узагальнення та уніфікацію підходів з проектування енергетичних установок, підвищення енергетичної ефективності управління рухом засобів транспорту.

2. Вперше запропоновано концепцію побудови системи автоматичного керування дизель-генераторними енергетичними установками засобів транспорту в перехідних режимах роботи на основі поєднання методів використання ройового інтелекту, нейронних мереж, гнучких кінематичних траєкторій та принципів термінального керування, що дозволяє реалізовувати необхідні види алгоритмів керування енергетичною установкою з урахуванням специфіки роботи засобу транспорту, дозволяє враховувати всі фазові кінематичні обмеження, долати відхилення від основної кривої руху та забезпечити підвищення рівня енергоефективності дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту.

3. Вперше виконано узагальнення та класифікацію декомпозованих груп дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту за тяговими потужностями, зокрема, виділено групи елементів, які чинять значний вплив на рівень втрат, показано найбільш енергоефективні структури системи, що дозволяє проводити розробку та аналіз уніфікованих

методик підвищення енергетичної ефективності дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту.

4. Вперше доведено, що розробка системи керування енергетичною установкою в перехідних режимах роботи, алгоритм якої базується на мінімізації площі під кривою руху транспортного засобу (залежність пройденого шляху від часу) при існуванні обмежень на максимальні величини кінематичних характеристик руху (швидкість, прискорення, ривок) призводить до мінімізації тягової роботи з переміщення одиниці транспортного засобу з однієї точки на кривій руху до іншої.

5. Отримала подальший розвиток теорія декомпозиції, де на відміну від існуючих підходів щодо декомпозиції визначено критерії, ознаки та специфіку проведення декомпозиції дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту, що дозволяє проводити розробку та аналіз методик підвищення енергетичної ефективності в усталених та перехідних режимах роботи енергетичної установки.

6. Отримав подальший розвиток синергетичний метод, де на відміну від існуючих підходів запропоновано розглядати засоби забезпечення найбільш енергоефективного режиму роботи енергетичної установки та керування кожним з елементів декомпонованої структури та загального закону керування цими елементами одночасно поодиноці та у сукупності для усталених та перехідних режимів роботи, що дозволяє досягти найбільш раціонального питомого рівня споживання палива дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту.

7. Отримав подальший розвиток метод проектування дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту змінного струму, де на відміну від існуючих підходів показано, що розрахунок максимальної величини коефіцієнту корисної дії послідовно з'єднаних елементів як добутку величин максимального коефіцієнту корисної дії окремих елементів в загальному випадку дає невірне значення, адже точки максимуму функцій коефіцієнту корисної дії не досягаються при одній і тій самій потужності

одночасно для кожного елемента системи, при цьому під час проектування величина максимального коефіцієнту корисної дії кожного елемента закладається для номінального струму навантаження, який здебільшого береться для кожного елемента системи із запасом для уникнення перевантажень, проте, як правило, завантаження транспортного засобу є значно меншим ніж номінальне (до того ж узятє із запасом), що призводить до зменшення фактичної величини коефіцієнту корисної дії в порівнянні з проектним максимальним значенням, що дозволяє визначати реальне значення максимальної величини коефіцієнту корисної дії послідовно з'єднаних елементів для всього діапазону робочих потужностей.

8. Вдосконалено метод динамічних індуктивностей, який доопрацьовано у частині врахування електричної та магнітної несиметричності контурів тягової машини і поширено на новий клас систем – тягові електромеханічні системи змінного струму, що дозволяє підвищити точність результату врахування процесів насичення та зменшити рівень витрат дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту через несиметричні електромагнітні процеси в обмотках тягового двигуна.

Вказані наукові положення та отримані Кулагінім Д. О. нові науково обґрунтовані результати у галузі електричної інженерії в сукупності вносять вклад у розв'язок важливої науково-прикладної проблеми галузі – зменшення енергоємності дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту, а також розв'язання практичної проблеми – зниження енергетичних витрат транспортної галузі.

Основний зміст дисертаційного дослідження структурований за розділами та підрозділами. Висновки є достатньо аргументовані та носять важливий теоретичний та прикладний характер. Оцінюючи обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій в цілому, що сформульовані у дисертації, можна відзначити високий рівень теоретичного та методичного опрацювання автором головних аспектів досліджуваної теми.

6. Практична цінність положень, результатів та висновків дисертаційної роботи.

Практичну цінність мають отримані в процесі дисертаційного дослідження наукові результати, які заслуговують на використання при підвищенні енергоефективності дизель-генераторних енергетичних установок. Зокрема, представляють інтерес такі положення:

1. На основі виконаної декомпозиції, узагальнення та класифікації отриманих декомпованих груп дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту по тяговим категоріям визначено граничні величини приросту статичного та динамічного коефіцієнтів корисної дії енергетичної системи, що дозволяє планувати та оцінювати заходи з підвищення енергоефективності енергетичної установки. Визначено, що сукупне підвищення статичного коефіцієнту корисної дії може сягати до 5% (для I групи з типовою потужністю до 70 кВт), до 7% (для II групи з типовою потужністю 70 – 300 кВт), та до 8% (для III групи з типовою потужністю понад 300 кВт), а сукупне підвищення динамічного коефіцієнту корисної дії може сягати до 4,6% (для I групи з типовою потужністю до 70 кВт), до 6,8% (для II групи з типовою потужністю 70 – 300 кВт), та до 7,8% (для III групи з типовою потужністю понад 300 кВт).

2. Виконано узагальнення та аналіз різних способів керування для дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту на різних профілях шляху, що дозволяє проводити інженерно-проектні роботи на основі вказаних способів для побудови енергоощадних підходів керування, розрахунки та моделювання для всього діапазону режимів роботи енергетичних установок.

3. Проведено аналіз схем дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту для короткочасного та довготривалого режиму роботи. В результаті цього відмічено значну схожість функціональних схем цих систем, що дозволило запропонувати створення універсальних схем для таких режимів роботи, як основи для розробки типових серій енергетичних

установок. Такий підхід дозволяє уніфікувати підходи різних наукових шкіл та напрямків під час розробки типових серій енергетичних установок (наукові школи водного транспорту, залізничних тягових передач, мобільних енергетичних засобів, дорожньої техніки, міського та позаміського транспорту, військової техніки), що також дозволяє запозичити ефективні з практичної точки зору технічні рішення одних шкіл для використання іншими.

4. Запропонований метод вибору параметрів дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту з можливістю накопичення енергії дозволяє забезпечити встановлені тягові характеристики за умови простоти побудови, високу ефективність використання енергії та забезпечує роботу дизель-генераторної установки на економічній характеристиці.

5. Розроблений метод побудови моделей дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту з урахуванням процесів насичення та електричної і магнітної несиметричності контурів машини дозволяє проводити дослідження енергетичних, електромагнітних та електромеханічних характеристик, створювати системи та технології сучасного комплексного проектування, адже дозволяє досліджувати форму та показники перехідних процесів при будь-якому законі керування тяговим автономним інвертором напруги, враховуючи при цьому зміну параметрів силових кіл тягового двигуна внаслідок його насичення з урахуванням втрат у сталі двигуна, забезпечує адекватний опис процесів насичення тягової асинхронної машини і в порівнянні з існуючими моделями містить зменшену кількість рівнянь.

Окремі положення дисертаційного дослідження знайшли використання у науково-дослідній роботі фахівців Національного університету «Запорізька політехніка» при виконанні плану наукових досліджень; у ТОВ «НДІ«Перетворювач» при розробці серійних перетворювачів частоти для електроприводів змінного струму для засобів транспорту; у ТОВ «СВО Азов» при модернізації парку дизель-електричних тракторів; у ТОВ

«АгроТехноМаш» при розробці серійних тягових електропередач для засобів транспорту; у КП «Запоріжелектротранс» використані співробітниками служб електрогосподарства та руху для підготовки технічних документів, проведення наукових та організаційних заходів з питань перспектив рекуперації електричної енергії при застосуванні рекуперативного гальмування або накопичення енергії на електрорухомому складі міського електротранспорту м. Запоріжжя; у навчальному процесі Національного університету «Запорізька політехніка» для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» під час викладання курсів «Енергозбереження по галузям виробництв», «Електромеханічні перехідні процеси», «Електромагнітні перехідні процеси», «Математичні задачі енергетики», під час написання курсових та дипломних проєктів, випускних кваліфікаційних робіт; у науково-дослідній роботі фахівців Державного університету інфраструктури та технологій.

Впровадження результатів дисертаційної роботи підтверджується відповідними актами.

7. Відповідність теми дисертації профілю спеціальності.

Дисертація виконана державною мовою, якою автор володіє у професійному плані досконало. Стиль дисертації відповідає вимогам, що висуваються до наукових праць такого рівня, а також відзначається логічністю, послідовністю, системністю, обґрунтованістю. Структура дисертації цілком узгоджується з її назвою, метою і завданням дослідження. Зміст та результати роботи відповідають спеціальності 05.05.03 «Двигуни та енергетичні установки»:

– за п. 1 «Теорія двигунів і енергоустановок, експериментальні дослідження процесів у них, дослідження та розрахунки нових схем або типів, теоретичні основи їх проєктування, узгодження з характеристиками об'єктів призначення та споживачами енергії. Комп'ютерно-інтегроване проєктування двигунів і енергоустановок»;

– за п. 4 «Конструкції двигунів і енергоустановок. Розроблення деталей, вузлів, агрегатів»;

– за п. 8 «Розроблення систем автоматичного керування (САК) двигунів і енергоустановок на усталених і перехідних режимах роботи. Теоретичні й експериментальні методи дослідження САК».

8. Характеристика організації, в якій виконано дисертацію.

Робота виконана на кафедрі електропостачання промислових підприємств Національного університету «Запорізька політехніка» та на кафедрі технічних систем та процесів управління в судноводінні Державного університету інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України.

Науковим консультантом дисертаційного дослідження є доктор технічних наук, професор, заслужений винахідник України Богом'я Володимир Іванович, професор кафедри технічних систем та процесів управління в судноводінні, Державний університет інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України.

9. Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із анотації, вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел та 10 додатків. Загальний обсяг роботи складає 555 сторінок, у тому числі 325 сторінок основного тексту.

10. Зауваження до дисертаційної роботи та дискусійні положення

1. На стор. 104 автор стверджує, що приведена класифікація структур показує єдність між підходами щодо дизель-генераторних енергетичних установок змінного та постійного струмів, що дозволяє уніфікувати пропоновані заходи та розповсюджувати їх на більш широкий клас транспортних засобів. Проте, з огляду на сучасний розвиток елементної бази, перспективність побудови в майбутньому більшої частини енергетичних установок на основі змінного струму, надалі будемо розглядати взаємний зв'язок між вказаними групами декомпозованої енергетичної установки на основі енергетичної установки змінного струму з асинхронним тяговим

двигуном. Але, за необхідності в майбутньому, пропонувані заходи можливо буде уніфікувати і розповсюдити на системи постійного струму, що також може дати певний ефект з підвищення енергетичного потенціалу за статичними характеристиками.

Проте залишається незрозумілим яким чином виконувати таку уніфікацію і розповсюдження зважаючи на різну структуру схем на змінному та постійному струмі.

2. На стор. 109 автор для оцінки ефективності проектів рекомендує перелік наведених показників, уникаючи аргументації на користь його достатності та вичерпності.

3. На стор. 110 вказано, що в якості методу вирішення оптимізаційної задачі буде використано метод рою часток. Хоча в якості альтернативи пропонується у всіх випадках, де проводиться пошук локальних мінімумів і максимумів нелінійних функцій від двох і більше змінних, використовувати метод мінімізації по зв'язаних напрямках, що не використовує похідні – метод Powell'64. При цьому відсутня аргументація і порівняльний аналіз на користь використання того чи іншого методу вирішення оптимізаційної задачі.

4. На стор. 144 автор на основі даних про тяговий двигун криголаму дизель-електроходу «Капітан Белоусов», побудує характеристики розгону та гальмування з розробленим регулятором, які представлені на рис. 2.7. При цьому бажаним було б використання більш сучасного дизель-електроходу, побудованого на сучасній елементній базі з більшими показниками енергетичної ефективності.

5. На стор. 172 при формуванні переліку вихідних припущень аналізу енергетичної ефективності статичного ККД декомпозованих груп енергетичних систем автор не деталізував їх в залежності від типу використаного рушія, що має важливе значення.

6. В 4 розділі роботи показано, що під час проектування величина максимального динамічного ККД закладається для максимального режиму

навантаження повністю спорядженого транспортного засобу із запасом для кожного елемента. Проте, як правило, ряд чинників, які враховувались при проектуванні на практиці не відповідають максимально можливим навантаженням (які до того ж враховувались в разі одночасної появи із запасом). При цьому завантаження транспортного засобу зазвичай є значно меншим ніж номінальне (до того ж узятє із запасом), що призводить до зменшення фактичної величини динамічного ККД в порівнянні з проектним максимальним значенням.

При цьому виділено ряд основних факторів, від яких залежить динамічний ККД енергетичної установки:

- конструктивні особливості і характеристики кожної окремої декомповованої групи;
- експлуатаційні параметри руху транспортного засобу;
- технічний стан транспортного засобу;
- миттєвий режим руху;
- особливості ведення транспортного засобу тим чи іншим оператором).

При цьому автором не проаналізовано випадок, коли транспортний засіб перевантажений, та не розглянуто практичні ситуації короткочасних ударних навантажень на межі максимального допустимого навантаження на енергетичну установку.

7. Автор використовує поняття статичний ККД та динамічний ККД, але у роботі не пояснено необхідності введення даних понять до аналізу енергетичних установок, що ускладнює розуміння роботи.

Проте зазначені зауваження жодним чином не знижують загальної позитивної оцінки роботи, а лише можуть слугувати предметом наукової дискусії під час захисту представленої дисертаційної роботи.

11. Загальна оцінка дисертації, її відповідності існуючим вимогам та висновки.

Дисертаційна робота Кулагіна Дмитра Олександровича на тему «Методологія підвищення енергоефективності дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту», подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.03 «Двигуни та енергетичні установки» (14 – Електрична інженерія) є цілком завершеним, оригінальним, самостійним науковим дослідженням, що висвітлює актуальну тему і має вагомe теоретичне та практичне значення.

Наукові положення та отримані автором нові науково обґрунтовані результати у галузі електричної інженерії в сукупності вносять вклад у розв'язок важливої науково-прикладної проблеми галузі – розвитку наукових основ зменшення енергоємності дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту, в основі якої лежить недовикористання енергетичного потенціалу дизель-генераторних систем, а також практичної проблеми – зниження енергетичних витрат транспортної галузі.

В результаті проведення досліджень підтверджена наукова гіпотеза – встановлено, що у дизель-генераторних енергетичних установках засобів транспорту максимальний потенціал енергозбереження в декомпозованій системі досягається використанням схем зі змінною структурою і відповідних алгоритмів керування, за яких кожен силовий елемент декомпозованої структури своїм режимом роботи має досягти мінімального рівня втрат енергії у всій дизель-генераторній системі в цілому. Задачу загального керування такою системою необхідно формулювати як завдання пошуку варіантів найбільш енергоефективної схеми змінної структури, законів та алгоритмів взаємодії між компонентами даної змінної структури, за яких досягаються всі робочі характеристики транспортного засобу.

За рівнем наукової новизни наведені у дисертаційній роботі результати відповідають вимогам, що висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора наук. Тема роботи, об'єкт та предмет дослідження, її зміст, а

також положення та висновки відповідають паспорту спеціальності 05.05.03 «Двигуни та енергетичні установки» (14 – Електрична інженерія). У дисертаційній роботі містяться раніше не захищені наукові положення.

Текст автореферату повною мірою відповідає змісту дисертаційної роботи.

Згідно існуючих вимог, положення та результати дисертаційної роботи, опубліковано у фахових наукових виданнях, обговорено та схвалено на науково-практичних та науково-технічних конференціях різного рівня. Представлені у дисертаційній роботі результати, як свідчать документи, подані у дисертації, знайшли впровадження у практичній діяльності вітчизняних підприємств.

Таким чином, на підставі аналізу дисертації Кулагіна Д. О., автореферату дисертації, публікацій дисертанта у фахових наукових виданнях можна зробити висновок, що дисертаційна робота виконана на належному теоретичному і методичному рівні відповідає вимогам щодо дисертації на здобуття наукового ступеня доктора наук, зокрема пп. 9, 10 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а автор дисертації – Кулагін Дмитро Олександрович – заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.03 «Двигуни та енергетичні установки» (14 – Електрична інженерія).

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри суднових енергетичних установок
і технічної експлуатації Одеського національного
морського університету

Р. А. Варбанець

