

ВІДГУК

кандидата технічних наук, доцента

Проскуріна Аркадія Юрійовича

на дисертаційну роботу Гори Миколи Дмитровича

«Поліпшення показників сучасного бензинового двигуна в режимах повних навантажень використанням кисневмісного газу», представлену на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування»

Актуальність теми. У контексті сучасного розвитку транспортної галузі однією з ключових вимог до двигунів внутрішнього згорання, особливо бензинових двигунів із іскровим запалюванням, є забезпечення високої енергоефективності при одночасному зниженні рівня шкідливих викидів і зменшенні витрати палива. Актуальність проблеми зумовлена тим, що саме ці двигуни широко застосовуються в легкових автомобілях і мають працювати в умовах, які вимагають високих потужностей – зокрема в режимах повного навантаження, типових для інтенсивного міського трафіку, прискорень і обгонів.

Зазвичай для досягнення необхідних динамічних характеристик у таких режимах використовують збагачену паливо-повітряну суміш, що призводить до значного зростання витрати пального та погіршення екологічних показників, а також знижує ефективність роботи каталітичного нейтралізатора. У зв'язку з цим виникає потреба в нових підходах, які дозволили б зберігати або підвищувати потужність двигуна без збільшення токсичності відпрацьованих газів і погіршення паливної економічності.

Одним із таких альтернативних рішень є застосування кисневмісних добавок, зокрема закису азоту (N_2O), що дозволяє збагачувати повітряний заряд двигуна без додаткової подачі пального. У результаті покращується процес



згоряння, підвищується теплова ефективність, зменшуються викиди CO та CH₄, а при правильному регулюванні – і оксидів азоту.

Незважаючи на використання подібної технології у спортивному автотранспорті, її наукове обґрунтування для серійних дорожніх автомобілів з точки зору енергетичних, екологічних і паливних показників залишається недостатньо вивченим. Це формує наукову та практичну значущість дослідження.

Таким чином, тема дисертаційної роботи є актуальною, оскільки вона спрямована на вирішення важливої інженерної задачі – оптимізацію роботи бензинового двигуна в умовах повного навантаження за рахунок використання кисневмісного газу як засобу поліпшення енергетичних характеристик без шкоди для паливної економічності та екологічної безпеки. Результати дослідження можуть знайти застосування в проєктуванні сучасних систем живлення двигунів, що відповідають актуальним вимогам щодо екології та ефективності.

Структура, обсяг та зміст дисертації. Дисертаційна робота складається з анотації, переліку умовних скорочень, вступу, п'яти розділів та загальних висновків, переліку посилань та додатків. Загальна кількість сторінок – 249, додатки займають 12 сторінок. Дисертація містить 96 ілюстрацій, 17 таблиць та перелік посилань з 71 найменуванням.

У *вступі* наведено обґрунтування актуальності обраної теми, сформульовано мету, визначено предмет й об'єкт дослідження та основні задачі.

У *першому розділі* проаналізовано стан розвитку двигунів внутрішнього згоряння, зокрема бензинових двигунів з іскровим запалюванням. Окреслено проблеми погіршення паливної економічності та екологічності за роботи на збагачених паливо-повітряних сумішах, які використовують для досягнення високих потужностей. Виявлено, що режим повного навантаження, типовий для прискорень у міському циклі, потребує ефективного вирішення пошуку методів

поліпшення енергетичних показників без зростання викидів та витрати пального. Запропоновано розглядати як перспективний метод – використання кисневмісного газу (N_2O) як добавки до повітряного заряду, який має потенціал підвищити потужність двигуна без шкоди для навколишнього середовища.

У *другому розділі* сформульовано мету дослідження, а саме, покращити енергетичні, паливні та екологічні характеристики бензинового двигуна за повного навантаження. Наведено завдання дослідження, серед яких: розробка режимів роботи двигуна з додаванням N_2O , розрахунок індикаторних показників, оцінка ефективності каталітичного нейтралізатора. Представлено методику теоретичних та експериментальних досліджень, зокрема – використання коефіцієнтів впливу регулювання, розрахунок індикаторного ККД, тиску, температури, масових викидів. А також визначено 4 основні режими роботи двигуна, які порівнюються між собою (стехіометричний і збагачений склади з або без N_2O).

У *третьому розділі* проведено теоретичне моделювання впливу добавки N_2O на основні робочих показників двигуна (потужність, економічність, викиди). Розраховано коефіцієнти впливу регулювання для кожного з режимів. Доведено, що додавання закису азоту при стехіометричній суміші (режим 3) дозволяє: підвищити середній індикаторний тиск до 10%; знизити питому витрату палива; покращити умови роботи каталітичного нейтралізатора. Також отримано розрахункові залежності тиску та температури в кінці згоряння від об'ємної частки N_2O в заряді.

У *четвертому розділі* описано експериментальні дослідження на двигуні MeM3-307, а також VW BBY, наведено методику вимірювання ефективного крутного моменту, витрати бензину, повітря та визначення складу суміші. Встановлено, що оптимальна добавка N_2O – близько 11,4%, при якій: крутний момент зростає на 23...25%; витрата бензину зменшується на 22% в середньому діапазоні обертів; коефіцієнт надміру повітря досягає $\approx 1,0$ – умова ефективної роботи нейтралізатора. Проведено індицирування (вимірювання індикаторного

тиску та температури в циліндрі) з підтвердженням інтенсифікації згоряння за подачі N_2O .

У *п'ятому розділі* узагальнено теоретичні та експериментальні дані та підтверджено достовірність розрахункових результатів. Показано, що режим №3 (N_2O + стехіометрія) є найефективнішим за сукупністю: потужність – витрата палива – викиди.

Надано рекомендації щодо практичного застосування систем подачі N_2O на сучасних автомобілях, обладнаних каталітичними нейтралізаторами.

Детально розглянуто екологічний ефект: зниження концентрацій CO , CH і NO_x при правильному регулюванні.

У дев'яти *загальних висновках* сформульовані основні результати дисертації.

У *додатках* наведено протокол вимірювання складу проби закису азоту, паспорт якості на бензин автомобільний А-95, протоколи випробування двигуна МеМЗ-307, список публікацій здобувача, дві довідки про використання результатів дисертаційної роботи.

Наукова новизна результатів роботи. У дисертаційній роботі отримано нові наукові результати, які розширюють сучасні уявлення про способи підвищення ефективності роботи бензинових двигунів з іскровим запалюванням у режимах повного навантаження шляхом використання кисневмісного газу – закису азоту (N_2O). Основні елементи наукової новизни:

1. Вперше розроблено комплексну методику теоретичного дослідження впливу закису азоту на показники роботи бензинового двигуна, яка ґрунтується на використанні коефіцієнтів впливу регулювання – відносних величин, що відображають зміну енергетичних, паливних та екологічних характеристик двигуна в різних режимах з додаванням N_2O .

2. Обґрунтовано і аналітично визначено оптимальні режими роботи двигуна, в яких за умови подачі закису азоту до повітряного заряду досягається збільшення середнього індикаторного тиску, покращення паливної

економічності та забезпечення умов для максимально ефективної роботи трикомпонентного каталітичного нейтралізатора.

3. Проведено верифікацію теоретичних розрахунків шляхом індицирування реального двигуна, що дозволило підтвердити інтенсифікацію процесу згоряння при додаванні N_2O .

Повнота викладення результатів та особистий внесок автора. Основні положення дисертації та результати досліджень відображено в 11 друкованих наукових працях, з них 4 основні публікації у наукових фахових виданнях України (з них 2 без співавторів); 7 матеріалів доповідей на конференціях (з них 4 без співавторів).

Результати роботи доповідалися й обговорювалися на науково-практичних семінарах кафедри і отримали позитивні відгуки на: Науковій конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету НТУ (Київ, 2022–2024), Міжнародній науково-технічній інтернет-конференції «Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем» (Рівне, 2022), Міжнародній науково-практичній конференції до дня автомобіліста та дорожника «Сучасні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців» (Харків, 2023), Міжнародній науково-практичній онлайн-конференції «Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури» (Рівне, 2023), Міжнародній науково-практичній конференції «Енергетичні установки та альтернативні джерела енергії» (Харків, 2024).

Результати досліджень викладені у дисертації повно, у логічній послідовності. Є необхідні посилання на літературні джерела.

Достовірність та обґрунтованість результатів роботи. Достовірність отриманих результатів забезпечується застосуванням сучасних аналітичних та розрахункових методів. Результати розрахунків задовільно узгоджуються як з

експериментальними даними, отриманими в межах цієї роботи, так і з результатами, наявними у відкритих публікаціях інших дослідників. Логічність залежностей та внутрішня узгодженість результатів дають підстави вважати сформульовані наукові положення обґрунтованими, а отримані висновки та практичні рекомендації – достовірними та придатними для впровадження у сучасні інженерні рішення.

Практична значимість результатів роботи. Результати дисертаційної роботи мають важливе практичне значення для вдосконалення конструкцій та систем керування бензиновими двигунами з іскровим запалюванням, що працюють у режимах повного навантаження. У роботі запропоновано науково обґрунтований підхід до застосування кисневмісного газу – закису азоту (N_2O) як засобу підвищення енергетичних показників двигуна без погіршення паливної економічності та екологічної ефективності.

До основних елементів практичної значущості можна віднести:

1. Розроблено методику визначення оптимальної кількості добавки закису азоту до повітряного заряду на основі вимірювань витрат повітряного потоку. Цей підхід дозволяє застосовувати N_2O без використання складного вимірювального обладнання, що підвищує зручність реалізації у лабораторних та випробувальних умовах.

2. Наведено методичні рекомендації щодо забезпечення ефективної роботи каталітичного нейтралізатора за умови використання N_2O , що дозволяє зберігати або навіть покращувати екологічні показники автомобіля відповідно до сучасних стандартів.

3. Отримано результати порівняння екологічних показників двигуна з іскровим запалюванням за роботи на збагаченій і стехіометричній паливо-повітряних сумішах.

Результати дисертаційного дослідження впроваджено при розробленні методів підвищення енергетичних показників двигунів з іскровим

запалюванням на підприємстві «АВТОДРОМ ЧАЙКА», а також в навчальному процесі Національного транспортного університету.

Оформлення дисертації. Дисертація оформлена якісно, із застосуванням сучасних комп'ютерних технологій. Оформлення відповідає діючим вимогам та стандартам. Зміст роботи викладений грамотною технічною мовою із застосуванням коректної термінології. Суттєві зауваження до оформлення відсутні.

Дискусійні положення та зауваження щодо дисертації. До дисертаційної роботи виникли наступні зауваження:

1. Необхідно пояснити використання словосполучення «сучасного бензинового двигуна» в назві дисертаційної роботи.

2. У дисертаційній роботі автором не розглянуто способи отримання закису азоту.

3. При визначенні впливу добавки закису азоту на індикаторні показники двигуна VW BBU доцільно було б визначити цей вплив при більш широкому діапазоні зміни коефіцієнту надміру повітря.

4. Автором не вказано перспективи застосування закису азоту для двигунів з потужністю відмінною від характеристик двигуна MeM3-307.

5. При проведенні експериментальних досліджень на двигуні MeM3-307 доцільно було б визначити механічні втрати ще для двох швидкісних режимів.

6. Загальні висновки надто об'ємні, що ускладнює сприйняття їх основних тверджень.

Наведені зауваження по роботі в цілому носять рекомендаційний характер та не ставлять під сумнів загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Загальний висновок

З огляду на актуальність розв'язаних завдань, отриманих наукових результатів, та використаних сучасних методів наукових досліджень, дисертаційна робота та публікації здобувача відповідають вимогам п. 6-9 Постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44 «Про затвердження порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії». Робота є завершеною науковою працею, теоретичні та експериментальні дослідження проведені на високому науковому та технічному рівні. Вважаю, що Гора Микола Дмитрович заслуговує присвоєння ступеня доктора філософії за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування».

Офіційний опонент,
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри двигунів
внутрішнього згоряння, установок
та технічної експлуатації
Національного університету
кораблебудування імені
адмірала Макарова

Аркадій ПРОСКУРІН

Підпис кандидата технічних наук, доцента Проскуріна А.Ю. засвідчую

Вчений секретар НУК
11.07.2025



Світлана УТКІНА