

ВІДГУК

офіційного опонента

Корогодського Володимира Анатолійовича

на дисертаційну роботу Лала Аміра Гула

«Підвищення ефективності згоряння в опозитному двотактному двигуні з

протилежним рухом поршнів»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 142 – Енергетичне машинобудування

1. Актуальність теми.

Сучасні світові розробки в галузі двигунобудування спрямовані на підвищення питомих показників двигунів внутрішнього згоряння, ці тенденції також спостерігаються для енергетичних установок спеціального призначення. Обмеження розмірів моторних відсіків та зростаюча внаслідок модернізації обладнання маса транспортних засобів викликає все більшу потребу у потужніших силових установках. З цих міркувань беззаперечні переваги мають ДВЗ, що працюють за двотактним циклом. В Україні є великий досвід проектування та виготовлення відповідних двигунів, а наявні резерви для подальшого вдосконалення вітчизняних дизелів із протилежно рухомими поршнями можуть бути використанні при комплексному підході до їх модернізації та забезпеченні перспективних характеристик. Тому дисертаційна робота Лала Аміра Гула, що спрямована на вирішення науково-практичної задачі створення концепції згоряння вітчизняних двигунів серії ТД, яка дозволить знизити витрату палива, забезпечити кращі умови розпилювання палива та розкрити перспективи підвищення ефективності згоряння, є актуальною.

У дисертаційній роботі поставлені науково-технічні задачі удосконалення методів математичного моделювання процесу згоряння в опозитних двигунах з протилежним рухом поршнів (ПРП) та розробки рекомендацій і конструктивних елементів для проведення експериментальних досліджень. Моделювання розвитку струменя паливного факела з врахуванням газодинамічних, гідравлічних та конструктивних факторів дозволяє встановити ступінь впливу останніх на якість сумішоутворення та розробити рекомендації щодо забезпечення найліпших умов розпилення палива в об'ємі камери згоряння.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконувалась у межах держбюджетних тем, фінансованих МОН України, що виконувались у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» на кафедрі «Двигуни та гібридні енергетичні установки». Здобувач брав участь у таких науково-дослідних роботах:

1) «Забезпечення показників світового рівня і формування перспективних характеристик вітчизняних двигунів бронетехніки», ДР 0119U002573. Строки виконання НДР: 01.2019 –12.2020. Науковий керівник НДР: д-р техн. наук, проф. А.П. Марченко. Участь автора – виконавець;

2) «Науково-технічні рішення з комплексного підвищення показників надійності, потужності та економічності енергетичних установок бронетехніки», ДР 0121U109545. Строки виконання НДР: 03.2021 –12.2022. Науковий керівник НДР: д-р техн. наук, проф. А.П. Марченко. Участь автора – виконавець.

3) «Розробка і впровадження технічних рішень з підвищення енергетичної ефективності бронетехніки», ДР 0123U101839. Строки виконання НДР: 01.2023 – 12.2024. Науковий керівник НДР: д-р техн. наук, проф. А.П. Марченко. Участь автора – виконавець.

3. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації.

Дисертація є довершеною науково-дослідною роботою, яка містить анотацію, зміст, перелік скорочень, п'ять розділів, висновки до розділів і загальні висновки, список використаних джерел та 3 додатків.

Дисертаційна робота спрямована на забезпечення перспективних характеристик двигунів, що обумовлює подальше підвищення потужності ДВЗ до 1100 кВт при зниженні витрати палива.

Об'єкт дослідження – процеси сумішоутворення та згоряння в опозитному двигуні з ПРП; впливові фактори, що дозволяють забезпечити кращі умови розпилення.

Предмет дослідження – опозитний двотактний дизель 6ЧН12/2х12, напрямки і шляхи забезпечення перспективних показників потужності та економічності.

В дисертаційній роботі вирішено важливі науково-практичні завдання, які характеризуються науковою новизною та мають практичне значення, а саме: удосконалення методів математичного моделювання процесів сумішоутворення та згоряння в опозитних двигунах з ПРП при різних впливових газодинамічних, гідравлічних, регулювальних і конструктивних факторах, що надає можливість збільшення потужності, зниження витрати палива основної енергетичної установки бронетехніки та забезпечує перспективні конкурентоспроможні її характеристики і показники, суттєво підвищує експлуатаційну швидкість руху бронетехніки в різних дорожньо-грунтових умовах, поліпшує динамічні і маневрові якості.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми роботи, наведені наукова новизна і практична цінність, мета і задачі дослідження, означено зв'язок дисертації з науковими програмами, планами та темами, приведена апробація дисертаційної роботи, публікації та інформація щодо особистого внеску здобувача.

В *першому розділі* проаналізовано історію розвитку двотактних дизелів з ПРП, дана оцінка перевагам та недолікам конструкцій у порівнянні чотиритактними ДВЗ, проведено порівняння з конкурентними закордонними розробками, визначена зацікавленість країн НАТО у розробці двигунів з ПРП. Обґрунтовано використання ДВЗ такого типу в якості енергетичної установки за потреби забезпечення максимальної питомої габаритної потужності.

У *другому розділі* досліджено організацію згоряння та процеси підготовки паливоповітряної суміші. Приділено увагу розвитку струменя паливного факела, наводиться модель розпаду останнього в умовах циліндру двигуна.

В *третьому розділі* наводяться методи стендових досліджень, зокрема безмоторного стенду з дослідження далекобійності струменя паливного факела при впорскуванні палива з периферії. Формулюються вимоги до створення і організації науково-дослідної лабораторії.

В *четвертому розділі* наводиться опис використаної математичної моделі знаходження фронту струменя паливного факела, виділяються стадії розвитку.

В *п'ятому розділі* проведено ідентифікацію математичної моделі, оцінюється похибка розрахунку. Розраховуються газообмін і траєкторія руху струменя

паливного факела двигуна типу ТД, за аналізом отриманих даних приводяться рекомендації щодо форми камери згоряння.

Анотація відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває наукові результати та практичну цінність роботи.

Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані чітко та відповідають змісту дисертаційної роботи.

Список використаних джерел достатньо повно охоплює предметну галузь та відображає опрацювання автором значної кількості сучасних вітчизняних та закордонних джерел.

Додатки до роботи містять матеріали досліджень, що не увійшли в основну частину.

4. Наукова новизна отриманих результатів.

У дисертаційній роботі здобувачем теоретично обґрунтовано та експериментально доведено основні нові наукові результати дисертації:

- вперше запропоновано модель розвитку фронту струменя паливного факела для двигунів типу ТД із бічним впорскуванням палива, найменші відхилення від експерименту запропонована математична модель має наприкінці розвитку струменя, що важливо з огляду розробки рекомендацій щодо мінімізації потрапляння палива на стінку камери згоряння;

- математична модель враховує тип палива та параметри середовища, що дає змогу прогнозувати рух будь якого рідкого палива для збереження умов стабільної роботи на альтернативних паливах двигунів ТД при форсуванні;

- модель розрахунку розвитку фронту струменя паливного факела дозволяє отримати візуалізації розвитку паливних струменів в камері згоряння при різних впливових газодинамічних, гідравлічних і конструктивних факторах.

5. Достовірність результатів досліджень.

Достовірність результатів теоретичних досліджень підтверджується результатами відповідних безмоторних експериментальних досліджень струменя паливного факела в умовах потоку газу, який набігає.

Наукові результати застосовані при розробці рекомендацій щодо зміни камери згоряння в поршні.

6. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Положення та висновки, наведені в дисертаційній роботі Лала А.Г., в достатній мірі обґрунтовані як з наукового, так і з технічного поглядів. Обґрунтованість отриманих у роботі наукових положень, висновків і рекомендацій базується на використанні математичного моделювання розвитку струменя паливного факела та знаходження його фронту.

Дослідження виконані з використанням математичного апарату та сучасного комп'ютерного моделювання. Ідентифікація математичної моделі розвитку струменя паливного факела проведена за відомим безмоторним експериментом для двигуна з аналогічними умовами сумішоутворення, а саме: двотактним циклом, прямоточно-щілинною продувкою, боковим впорскуванням палива. Отримана візуалізація траєкторії розвитку струменя паливного факела високою мірою узгоджується з безмоторним практичним експериментом, що підтверджує обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

7. Практична цінність отриманих результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання.

Практична цінність отриманих результатів полягає у визначенні резервів і розробці рекомендацій щодо удосконалення процесів сумішоутворення і згоряння в циліндрі двотактного форсованого дизеля за рахунок зміни характеристик паливободачі, розподілу палива і повітря в камері згоряння, модернізації конструкції камери згоряння.

Запропонована модель розвитку фронту паливного струменя дозволить вдосконалити паливну апаратуру дизеля та покращити тактико-технічні характеристики двигунів. Ґрунтуючись на результатах розрахунків досліджень можна значно скоротити кількість дослідних експериментів і рекомендувати до проведення тільки найперспективніші, а реалізація технічних рішень сприятиме підвищенню паливної економічності.

Ці дані можуть бути використані при розробці і модернізації дизелів різного призначення. Крім того, такі двигуни, а саме типу ТД практично єдині, які

залишилися у виробництві країни, їх вдосконалення – важливий крок для збереження енергетичної незалежності.

Впровадження розробок здійснено на ДП «Завод імені Малишева» (м. Харків) – профільне підприємство, що спеціалізується на виробництві продукції сільськогосподарського машинобудування, двигунів та бронетехніки.

8. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладення наукових положень і результатів в опублікованих працях.

Дисертаційна робота має логічну структуру. Загальні висновки повністю відповідають поставленим завданням дослідження та логічно витікають з отриманих результатів.

Порушень академічної доброчесності (академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації, фальсифікації) в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації не виявлено, про що свідчить аналіз перевірки дисертації на плагіат. Використання результатів, отриманих іншими науковцями супроводжується посиланнями на відповідні джерела.

Матеріали дисертації були надані для широкого ознайомлення фахівцям і спеціалістам, а результати та основні положення її повністю висвітлені у друкованих виданнях, пройшли відповідну апробацію на міжнародних науково-практичних конференціях. Наведені публікації містять результати безпосередньої роботи здобувача на окремих етапах дослідження, повною мірою відображають основні положення та висновки роботи. Авторська участь здобувача в опублікованих наукових працях погоджена зі співавторами.

Результати досліджень опубліковані у 15 наукових працях, серед яких: 5 статей у наукових фахових виданнях України категорії "Б" та 10 тезисів у матеріалах конференцій.

Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві зазначена у дисертаційній роботі.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 8 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 від 12.01.2022 р. №44.

9. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Во вступі у практичних значеннях результатів дисертації (стор. 9) вказано, що отримано патент на корисну модель та представлено у додатку В, але самого додатку В не має й в списку публікацій здобувача також не приведено посилання на патент.

2. У першому розділі за текстом дисертаційної роботи вказано щодо коефіцієнту пристосованості двотактних двигунів, але не вказано, що рівень крутного моменту двотактних двигунів на режимах мінімальних навантажень більше ніж у чотиритактних двигунах, що також є перевагою та впливає на динаміку розгону.

3. У другому розділі розглядаються фактори, які впливають на збільшення потужності двигуна. Слід було відмітити, що збільшення потужності ДВЗ також можливо за рахунок зменшення значення коефіцієнта надлишку повітря (α) до стехіометричного складу, а це можливо зробити за рахунок удосконалення процесів сумішоутворення та збільшення частоти обертання колінчастого валу. Застосування частотного впорскування палива дозволяє зменшити значення α та збільшити потужність двигуна, але це потребує використання іншої системи впорскування - Common Rail або насос-форсунок з електронним керуванням.

4. У четвертому розділі приведена математична модель розвитку струменя паливного факела не враховує взаємодії окремих паливних струменів, що додає похибку.

5. В дисертації вказано, що математична модель може бути застосована для розвитку струменів різних палив. Враховуючи багатопаливність двигуна типу ТД, доцільно було би привести порівняння розвитку струменів різних палив.

6. В роботі доцільно було би привести більш наочне порівняння з CFD-моделюванням та приділити більше уваги перевагам розробленої математичної моделі. Також більше уваги можна було приділити аналізу вже існуючих рішень для визначення руху фронту струменя паливного факела.

7. Схема струменя паливного факела в умовах тангенціального вихору (рис. 4.3) відрізняється від встановлення форсунки в двотактному двигуні з протилежним рухом поршнів, де форсунка розміщується в стінці циліндра.

8. У підрозділі 5.1 проводиться розрахунок за формулами, наведеними у розділі 4, що можна було б перенести в додатки.

9. Ідентифікацію математичної моделі проведено за безмоторним експериментом для двигуна Mitsubishi UEC 45, що хоч і є двотактним дизелем із боковим розташуванням розпилювачів форсунок, але значно відрізняється за кількістю обертів колінчастого валу, а саме є судовим малооберттовим двигуном.

10. Існують незначні недоліки оформлення матеріалу дисертаційної роботи, наприклад: на рис. 5.1 не позначені координати, не вказані розмірності, у табл. 5.4 також не вказано розмірності, не всі є позначення й на рис. 5.5, зустрічаються друкарські, пунктуаційні та стилістичні помилки.

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи. Дисертація є актуальною і має високу наукову цінність та практичну значущість.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Лала Амїра Гула «Підвищення ефективності згоряння в опозитному двотактному двигуні з протилежним рухом поршнів» за своїм змістом відповідає спеціальності 142 – Енергетичне машинобудування. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв’язує важливу науково-практичну задачу, яка полягає в формулюванні перспективи підвищення ефективності перебігу процесу згоряння у вітчизняних двигунах серії ТД, визначенні ступеня впливу окремих конструкторських параметрів на якість перебігу процесу сумішоутворення та методів забезпечення найліпших умов розпилювання палива в об’ємі камери згоряння шляхом моделювання розвитку струменя паливного факела в умовах циліндру ДВЗ.

Подана дисертаційна робота «Підвищення ефективності згоряння в опозитному двотактному двигуні з протилежним рухом поршнів» Лала А. Г. відповідає спеціальності 142 – «Енергетичне машинобудування», відповідає

вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме вимогам пунктів 6, 7, 8 і 9 «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 від 12.01.2022 р. №44 та «Вимогам до оформлення дисертацій», затвердженими наказом МОН України від 12.01.2017 р. № 40, а здобувач Лал Амір Гул заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 142 – Енергетичне машинобудування.

Офіційний опонент

Професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння

Харківського національного автомобільно-дорожнього університету,

д-р техн. наук, проф.

Володимир КОРОГОДСЬКИЙ

29.01.2024р.

Володимир Корогодський

МІД НС
ЗАСВІДЧУЮЧЕННЯ
СЕКРЕТАР АКАД

Корогодський

