

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Василенка Олега Вадимовича

„Удосконалення робочого процесу двотактного двигуна з іскровим запалюванням і безпосереднім вприскуванням палива”,

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

за спеціальністю 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки

Дисертаційну роботу виконано в Українському державному університеті залізничного транспорту Міністерства освіти і науки України. Дослідження присвячене покращенню економічних та екологічних показників роботи малолітражного двотактного двигуна з іскровим запалюванням шляхом впровадження внутрішнього сумішоутворення та використання етанольного палива.

Актуальність обраної теми

На цей час одноциліндрові двотактні двигуни внутрішнього згоряння з іскровим запалюванням та повітряним охолодженням знайшли дуже широке розповсюдження в якості енергетичних установок для транспортних засобів малої вантажопідйомності, мотоблоків, міні-тракторів, мікроавтомобілів, мобільних електростанцій, насосних та зварювальних апаратів, малогабаритної сільськогосподарської техніки та інших засобів малої механізації. Основними вимогами, які споживачі висувають до цих двигунів є надійність роботи, економічність витрати палива та мастила й низька токсичність відпрацьованих газів. Нажаль, часто конструктивне виконання двигунів такого класу не дозволяє повною мірою задовольнити ці вимоги, що призводить до відмови від їх використання в бік чотиритактних двигунів, які мають завідомо гірші масо-габаритні показники. Тож задача вдосконалення конструкції та робочого процесу малорозмірних двотактних двигунів внутрішнього згоряння з метою поліпшення їх технічних властивостей є наразі актуальною й необхідністю її вирішення не викликає сумніву.

Актуальність теми підтверджується ще й тим, що вона виконувалась в межах науково-дослідної тематики кафедри теплотехніки та теплових двигунів Українського державного університету залізничного транспорту. Робота проводилася згідно держбюджетних тем МОН України: "Розробка наукових основ перспективних робочих процесів двигунів внутрішнього згоряння"(ДР №0108U000080) і "Розробка багатопаливного робочого процесу для двигуна з іскровим запалюванням" (ДР №0110U002130), в якій здобувач брав участь як співвиконавець окремих етапів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації є достатньою і базується на такому.

Має місце узгоджена постановка мети – поліпшення показників робочого процесу двотактного двигуна з іскровим запалюванням шляхом впровадження безпосереднього вприскування палива – і відповідних до неї задач

дослідження. Досягнення мети дослідження дозволило значно покращити паливну економічність та екологічні показники зазначеного двигуна.

У дисертації в цілому має місце взаємозв'язок аналітичної, теоретичної, та дослідницької частин. Однак, треба зазначити, що текст перевантажений окремими недоречними та такими, що не мають відношення до виконання дослідження пунктами та підрозділами (наприклад 2.1 – *„Методи математичного моделювання та їх класифікація”* й 3.1 – *„Значення вимірювань в експериментальних дослідженнях та види похибок при вимірюваннях”*).

Автором досконально вивчені та проаналізовані відомі способи, принципи, конструктивні рішення з організації робочих процесів двигунів з примусовим запаленням, безпосереднім вприскуванням легкого палива у циліндр, розшаруванням паливо-повітряної суміші тощо.

Проведені теоретичні дослідження базуються на математичних моделях та методиках розрахунків, створених з залученням сучасного математичного апарату й при використанні фундаментальних рівнянь теплотехніки, газодинаміки, механіки та інших областей науки.

Теоретичні положення та виводи підкріплені результатами експериментальних досліджень шляхом моторних стендових випробувань двотактного одноциліндрового двигуна ДН-4, обладнаного спеціальною системою паливоподачі.

Достовірність результатів досліджень забезпечена коректністю постановок математичних завдань, застосуванням сучасних процедур математичного аналізу та методів математичної фізики, відповідністю змісту математичних конструкцій фізичній суті процесів, які описуються. Математичний апарат дисертантом використаний достатньо грамотно.

Наукові результати теоретичних досліджень здобувача успішно використані для вдосконалення конструкції двотактного одноциліндрового двигуна ДН-4 шляхом обладнання системою безпосереднього вприскування палива в циліндр, що підтверджується експериментальними даними, отриманими в роботі.

Достовірність експериментальних даних, в свою чергу, забезпечується використанням як сучасних, та і перевірених часом засобів і методик проведення випробувань.

У якості нових наукових результатів дисертантом висунуті такі положення:

- вперше запропоновано визначення коефіцієнту витоку паливо-повітряної суміші, який дозволяє обчислити індикаторний ККД двотактного двигуна із зовнішнім сумішоутворенням з урахуванням тільки того палива, яке брало участь у згорянні.

- вперше розроблено критерій перевищення нижньої межі поширення фронту полум'я в паливо-повітряних сумішах двигуна з іскровим запалюванням, який враховує сумарний коефіцієнт надлишку повітря, коефіцієнт надлишку повітря в циліндрі, коефіцієнт витоку продувного повітря та паливо-

повітряної суміші й дозволяє оцінити рівень розшарування паливо-повітряного заряду в циліндрі двигуна.

– набув подальшого розвитку математичний опис показників динаміки та тривалості згоряння в моделі Вібе для двигунів з іскровим запалюванням і внутрішнім сумішоутворенням у вигляді регресійних залежностей від витрати палива, кута випередження запалювання, кута початку впорскування й критерію перевищення нижньої межі поширення фронту полум'я в паливо-повітряних сумішах.

У цілому, отримані автором результати є новим науковим знанням у галузі двигунобудування, зокрема, стосовно організації робочого процесу двотактного двигуна з іскровим запалюванням.

Значущість отриманих результатів для науки і практичного використання полягає в тому, що було експериментально реалізовано науково-технічні принципи використання розшарованого паливо-повітряного заряду при безпосередньому впорскуванні палива у двигуні з іскровим запалюванням, що дозволило поліпшити його екологічні показники та зменшити витрати палива. Технічна новизна отриманих результатів підтверджена патентом України на винахід.

Результати дослідження у вигляді методики та програми розрахунку робочого процесу двотактного двигуна з іскровим запалюванням при зовнішньому та внутрішньому сумішоутворенні з урахуванням методу з визначення індикаторного ККД впроваджені на державному підприємстві Мелітопольський завод "Гідромаш" (м. Мелітополь). Також результати роботи використовуються для підготовки фахівців та магістрів УкрДУЗТ за напрямком "Теплоенергетика" – за спеціальностями "Енергетичний менеджмент" та "Теплоенергетика". Вказане підтверджено двома відповідними актами впровадження, які додані до дисертації.

Повнота викладення основних наукових положень і результатів в опублікованих роботах

Основні положення і результати дисертаційної роботи опубліковані в 16-ти наукових працях, в тому числі у 9-ти статтях у наукових фахових виданнях України (4 з них увійшли до світових науко-метричних баз), у 2-х в іноземних виданнях, решта – п'ять – є матеріалами конференцій. За результатами роботи також отримано один патент України. Повнота, рівень і кількість публікацій, а також апробації матеріалів відповідають чинним вимогам до дисертації.

Анотування в цілому ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації та достатньо повно відображає сформульовані в ній основні наукові результати, що отримані здобувачем. Але, слід звернути увагу на те, що формулювання першого пункту наукової новизни у тексті дисертації (російською мовою) виконано з використанням словосполучення „*вычислен коэффициент потерь*”, а в анотуванні (українською) сказано „*запропоновано*”.

коефіцієнт втрат”, що не є тотожним перекладом ані в той, ані в інший бік навіть за смыслом.

Сама дисертаційна робота О.В. Василенка і його публікації свідчать про достатню наукову підготовку автора, володіння досвідом дослідження й розробки конструкцій, систем та доведення робочого процесу двигунів внутрішнього згоряння.

Оцінка змісту дисертації

Дисертація складається зі вступу, п'ятих розділів, висновків, списку використаних літературних джерел, двох додатків. Повний обсяг дисертаційної роботи складає 154 сторінки та включає: 48 ілюстрацій (з них 3 – на окремих сторінках), 6 таблиць за текстом, 2 додатки на 2 сторінках, бібліографію – 115 найменувань на 11 сторінках.

Дисертацію написано технічною мовою, але по тексту зустрічаються непотрібні лексичні повтори, тавтології, тривіальні вирази та невірне використання фахової термінології.

У введенні обґрунтована актуальність теми, представлені мета й задачі дослідження, зазначена загальна методика, наукова новизна роботи та положення, що виносяться на захист.

У першому розділі – „Аналіз способів організації робочих процесів бензинових двигунів” – автор, на основі аналітичного огляду технічних джерел інформації, наводить сучасні вимоги та тенденції розвитку двотактних бензинових двигунів внутрішнього згоряння. Зокрема, ретельно розглянуті способи створення розшарованого паливо-повітряного заряду в циліндрі таких двигунів. Наприкінці розділу автор робить правильний висновок, що для значного покращення паливної економічності та токсичності двотактного двигуна необхідне впровадження збіднення та/або розшарування робочої суміші.

У другому розділі – „Математична модель робочого процесу двотактного бензинового двигуна з розшаруванням паливоповітряного заряду” – описані методики математичного моделювання робочого процесу та процесу газообміну двотактного бензинового двигуна. У цьому ж розділі автором вводяться поняття критерію розшарування заряду та коефіцієнту втрат паливоповітряної суміші, які є методологічною основою наукової новизни роботи. Слід звернути увагу на те, що для моделювання процесу газообміну використана твердотіла багатокоміркова модель з урахуванням турбулентності у програмному комплексі MTFS, для рішення якої використано метод неявної схеми інтегрування 2-го порядку. Нажаль, цей метод не був згаданий автором у відповідному розділі автореферату – „Методи дослідження”.

У третьому розділі – „Методика експериментального дослідження робочого процесу двотактного бензинового двигуна” – подається опис експериментальних досліджень, а саме, експериментальної установки, програми експерименту та оцінки похибок вимірювань досліджуваних фізичних величин.

Про недоречність підрозділів 2.1 та 3.1 вже було сказано вище.

У четвертому розділі – „Розрахунково-експериментальне обґрунтування реалізації розширення паливо повітряного заряду в двигуні ДН-4М” – наведені результати експериментальних і розрахункових досліджень й виконано опрацювання конструктивних елементів системи паливоподачі (розпилювача форсунки) для досягнення необхідних параметрів роботи двигуна.

П'ятий розділ – „Результати експериментальних досліджень двигуна ДН-4М з безпосереднім впорскуванням палива”. У цьому розділі автор, на основі результатів стендових випробувань двигуна, доводить ефективність впровадження запропонованих ним заходів щодо досягнення мети роботи. На основі експериментальних даних розраховано тепловий баланс досліджуваного двигуна за навантажувальною характеристикою. Досягнуто значне поліпшення екологічних показників при впровадженні безпосереднього впорскування палива у циліндр та використанні бензо-етанольних сумішей.

Слід підкреслити, що всі експерименти виконані автором на високому технічному рівні, з використанням сучасної вимірювальної бази та їх результати не викликають сумніву.

До дисертаційної роботи можна зробити такі зауваження:

1. Назва підрозділу 1.2 „Сучасні тенденції організації робочого процесу бензинових двигунів внутрішнього згорання” не відповідає його змісту. В підрозділі йдеться тільки про систему моно-вприскування, яка відома вже біля 20-ти років і тому не може бути „тенденційною”.

2. У підрозділі 1.5 на стор. 30 стверджується, що спосіб рідинної нейтралізації відпрацьованих газів ДВЗ не отримав широкого розповсюдження. Тут слід нагадати автору про існування рідини „AdBlue” – 32,5%-го водного розчину карбаміду (сечовини), яка дуже широко використовується у сучасних вантажних автомобілях.

3. Значення коефіцієнту $Z = 1$, наведене у табл. 4.2 на стор. 98 невірне. Це за фізичним сенсом означає повну втрату палива з циліндру. А за відсутності втрати палива при впровадженні безпосереднього впорскування цей коефіцієнт має дорівнювати 0.

4. В супереч твердженню автора, слід констатувати, що коефіцієнти a і b в формулі (4.17) для розрахунку питомої масової теплоємності мають розмірність: $[\text{Дж кг}^{-1}\text{К}^{-1}]$ та $[\text{Дж кг}^{-1}\text{К}^{-2}]$ відповідно.

5. Автору слід було звернути увагу, що знайдений ним у підрозділі 4.5 термічний ККД карбюраторного двигуна не залежить від навантаження (рис. 4.30), а ККД двигуна з впорскуванням, навпаки, має складну залежність, та дати цьому факту будь-яке пояснення.

6. Автором не приділено уваги тому факту, що при використанні добавок етанолу до вуглеводневого палива, вочевидь, зміняться межі займистості суміші, що призведе до необхідності коректування методики обчислення розробленого автором критерію розширення L .

7. З тексту роботи не зрозуміло, яким чином здійснюється змащення досліджуваного двотактного двигуна з кривошипно-камерною продувкою, та чи не вплине додавання мастила у паливо або у повітря на його екологічні та економічні показники?

8. На стор. 42 автор стверджує, що моделювання дає змогу замінити „обчислення вимірюваннями”. Це є прямим порушенням першого закону формальної логіки – закону тотожності. Математичне моделювання характерне обчисленнями, експеримент – вимірюваннями, тому, замінюючи експеримент моделюванням, ми переходимо від вимірювань до обчислень, а не навпаки.

9. Написання формули (2.15) на стор. 58 має помилку – відсутнє множення другого доданка на температуру.

Висновок

Вважаємо, що перелічені недоліки та критичні зауваження до тексту дисертації не впливають на результати виконаних досліджень та не зменшують їх наукової й практичної цінності. В цілому постановка задач дослідження, методи їх вирішення, публікації, апробація результатів, а також практичний вихід свідчать про достатньо високий рівень знань здобувача в галузі двигунобудування у питаннях проектування та дослідження двотактних бензинових двигунів внутрішнього згоряння, про уміння самостійно розв'язувати складні наукові завдання.

Дисертація здобувача Василенка Олега Вадимовича „Удосконалення робочого процесу двотактного двигуна з іскровим запалюванням і безпосереднім вприскуванням палива” за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки, є завершеною науково-дослідною роботою, яка вирішує важливу наукову задачу поліпшення паливної економічності та екологічних показників малолітражних двотактних двигунів.

У цілому робота за актуальністю теми, змістом й обсягом досліджень, за рівнем новизни, науковим та практичним значенням одержаних результатів, повнотою відображення в періодичних виданнях відповідає п.п. 9, 11 і 12 “Порядку присудження наукових ступенів”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. №567, які пред'являються до кандидатських дисертацій, а здобувач Василенко Олег Вадимович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки.

Офіційний опонент
професор кафедри Двигунів внутріш-
нього згоряння Національного технічно-
го університету „Харківський політехні-
чний інститут”, доктор технічних наук,
професор

« 14 » 06 2016 р.



А.О. Прохоренко

Підпис проф. А.О. Прохоренка засвідчую
Вчений секретар НТУ „ХПІ”, доц.

Ю.І. Зайцев