

Відзив

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора Тимошевського Бориса Георгійовича
на дисертаційну роботу Кравченка Сергія Сергійовича

"Конвертація стаціонарного двигуна гд100 для роботи на низькокалорійних газових паливах", яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.03 – "Двигуни та енергетичні установки"

1. Загальна характеристика роботи.

1.1. Надані матеріали. До розгляду матеріалів дисертаційної роботи було представлено:

- дисертаційна робота, виконана в Національному технічному університеті "Харківський політехнічний інститут" Міністерства освіти і науки України;
- автореферат кандидатської дисертації загальним обсягом 20 сторінок;
- копії опублікованих праць за темою дисертації (перерахованих в авторефераті).

Повний обсяг дисертаційної роботи становить 169 стор., у тому числі: 20 таблиць по тексту, 7 рис., 122 літературних джерела на 14 сторінках та 2-х додатків на 2 сторінках. Основний текст викладений українською мовою та складається з вступу, п'яти розділів й висновків.

В результаті розгляду матеріалів дисертаційної роботи, сформульована наступна її оцінка.

1.2. Оформлення дисертації відповідає вимогам ДСТУ 3008-95 "Документація. Звіти складають у сфері науки и техніки. Структура и правила оформлення". Назва дисертації відповідає обраної спеціальності та суті розв'язуваної задачі. У дисертації використовуються тільки особисто розроблені автором ідеї та матеріали. На використанні матеріали та результати досліджень інших авторів зроблені посилання.

Зміст автореферату ідентичний змісту дисертації й дає повне уявлення про роботу. Вимоги до оформлення автореферату та його розсилки витримані.

1.3. Зміст дисертації, її об'єкт і предмет дослідження відповідає паспорту спеціальності 05.05.03 - "Двигуни та енергетичні установки", як за формулою спеціальності, так і по напрямку досліджень:

- по формулі спеціальності (вибірково) "науково-технічні проблеми дослідження, проектування, конструювання, ... експлуатації та ремонту двигунів (зокрема ... дизельних ...), узгодження й оптимізацію процесів взаємодії компонентів у двигунах ..."

- у напрямку досліджень (вибірково):

п.1 – Теорія двигунів ..., експериментальні дослідження процесів у них ...; п.2 – Фізичне та математичне моделювання, системний аналіз і синтез термодинамічних, гідродинамічних, газодинамічних, ... процесів у двигунах, ... і їх елементах; п.3 – Сумішоутворення та згоряння палива ... Розроблення та дослідження конструктивних методів і технологій підвищення ефективності комплексного використання паливно-енергетичних ресурсів.

1.4. Зміст дисертації

У вступі розглянуто стан досліджуваного питання. Обґрунтовано актуальність теми і її зв'язок з державними науковими планами і програмами розвитку транспор-

ту і розглянутої тематики. Окреслено мету і завдання досліджень, їх наукова новизна і практичне значення. Наведено акт впровадження отриманих результатів, місце і результати апробації роботи, кількість публікацій за темою дисертації.

У першому розділі виконаний аналіз стану та перспектив використання традиційних та альтернативних палив, визначені їх переваги та недоліки. Визначені найбільш перспективні та економічно виправдані сировинні джерела виробництва таких палив та технології виробництва. Особлива увага приділена низькокалорійним газоподібним паливам різного походження, які мають велику перспективи використання у двигунах внутрішнього згорання. Встановлені їх моторні властивості та вплив на навколишнє середовище при використанні у ДВЗ. Зроблений аналіз проблем, які виникають при безпосереднім використанні низькокалорійних газоподібних палив у ДВЗ. Визначені також проблеми, що мають місце при конвертації існуючих двигунів щодо використання цих палив. Показано, що на теперішній час у вітчизняній та іноземній науковій літературі ці питання на знайшли вичерпуючого висвітлення та вирішення.

На підставі огляду визначені задачі дисертаційного дослідження, які мають бути вирішені в роботі.

Другий розділ дисертаційної роботи присвячений результатам експериментальних досліджень робочого процесу двигунів типу ГД100 при експлуатації на природному газі та біогазі. Наведені описи експериментальних стендів та умови досліджень, а також результати визначення впливу зміни параметрів двигуна на показники робочого процесу при використанні природного газу (параметрів форкамери, ступеня стиску, тиску повітря у впускному ресивері, кута випередження запалювання тощо). На підставі аналізу результатів цих досліджень визначені раціональні параметри форкамери, відношення $V_{фор}/f_c$, число каналів, що з'єднують форкамеру з циліндром. Встановлене також, що процес згорання низькокалорійних палив в двигуні майже не відрізняється від згорання природного газу, однак збільшується об'ємна витрата палива. Як наслідок, доказана можливість використання в двигунах типу ГД100 низькокалорійних газових палив.

Третій розділ дисертаційної роботи присвячений розробці математичної моделі робочого процесу двигуна з форкамерно-факельним запалюванням та якісним регулюванням. В цьому розділі визначені теплофізичні властивості низькокалорійних газоподібних палив, диференціальні рівняння процесів тепло- та масообміну в камері згорання, зроблений аналіз внутрішнього теплового балансу двигуна ГД100, а також проведені дослідження згорання в двигуні з форкамерно-факельним запалюванням.

Автор запропонував зручні емпіричні залежності для визначення динаміки та тривалості згорання вкрай збіднених сумішей, які враховують якісний склад паливо-повітряної суміші.

На підставі верифікації математичної моделі доказана її адекватність дійсним робочим процесам у двигуні ГД100. Похибка моделювання не перевищує 5%, що свідчить про достатню точність моделювання.

Математичне моделювання газообміну в форкамері двигуна дозволило визначити ефективність процесу запалювання паливо-повітряної суміші в форкамері.

У четвертому розділі автором наведені результати дослідження робочого процесу двигуна 11ГД100М, який працює на низькокалорійних газових паливах. Показано, що для двигунів з якісним регулюванням потужності має місце збіднення паливо-повітряної суміші у

порівняні з роботою на висококалорійних паливах (природному газі), однак індикаторний та ефективний ККД практично не змінюються. Встановлено, що при використанні таких палив суттєво збільшується об'ємна витрата палива, що вимагає модифікації газової апаратури двигуна. Доказано, що ефективним заходом для покращення показників двигуна 11ГД100М при використанні висококалорійних паливах є раціональний підхід до визначення складу паливо-повітряної суміші.

У п'ятому розділі визначені заходи щодо забезпечення надійної та ефективної роботи двигуна 11ГД100М при використанні висококалорійних палив. Показано, що для забезпечення ефективного запалювання та згоряння паливо-повітряної суміші в форкамері двигуна визначальне значення має склад цієї суміші та енергія, яка підводиться свічкою запалювання. Визначено, що для забезпеченості я високої запалювання та згоряння синтез-газу, біогазу, піролізного та генераторного газів необхідно збільшувати об'єм форкамери, а при спалюванні коксового газу навпаки – треба зменшувати її об'єм. Також показано, що у випадку використання шахтного газу додатково ще треба збільшувати енергію запалювання. Автором показано, що для забезпечення незмінної потужності двигуна при використанні низькокалорійних газів необхідно визначати раціональні перетини прохідних перерізів паливної апаратури та тиску газу. Крім того необхідно забезпечувати підвищену температуру повітря на впуску, зменшувати тиск наддуву та кут випередження запалення. Доведено, що у випадку використання кожного низькокалорійного палива ці параметри визначаються окремо.

У висновках по роботі в достатній мірі відображені результати основних досліджень дисертаційної роботи.

Список використаних джерел складається з 122 найменувань літератури та охоплює в достатньому обсязі різнобічні джерела інформації по тематиці роботи, в тому числі вітчизняні та зарубіжні.

2. Актуальність обраної теми.

Ефективне використання альтернативних низькокалорійних палив є однією з важливих проблем для України, щодо забезпечення її енергонезалежності. Незважаючи на численні вітчизняні та іноземні розробки, до теперішнього часу ця проблема не знайшла свого остаточного вирішення. Особливо це стосується стаціонарних та транспортних двигунів внутрішнього згоряння середньої та великої потужності. Ефективне використання низькокалорійних газоподібних палив має низку принципів особливостей, врахування яких може бути досягнуто тільки в результаті комплексних теоретичних та експериментальних досліджень.

Дисертаційну роботу виконано за планами науково-дослідних робіт відповідно до завдань держбюджетної теми МОН України "Розробка технічних рішень із забезпечення енергозбереження, ресурсу та екологізації транспортних і стаціонарних двигунів" (ДР № 0115U000525), в якій здобувач був виконавцем окремих розділів.

У зв'язку з викладеним, дисертаційна робота Кравченка С.С. представляється своєчасною та актуальною оскільки спрямована на вирішення важливої народно-господарського завдання - економії паливно-енергетичних ресурсів та ефективного використання відносно дешевих низькокалорійних газоподібних палив.

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

Достовірність і обґрунтованість наукових положень, висновків і результатів підтверджується адекватністю математичних моделей, що базуються на фундамен-

тальних залежностях термодинаміки, тепло- та масопереносу, рівняннях збереження енергії, відповідністю реальним процесам перетворення енергії у двигунах внутрішнього згоряння. Крім того, використання стандартних процедур операцій з рівняннями та задовільне узгодження експериментальних результатів й даних моделювання, також дозволяє вважати отримані автором результати обґрунтованими та достовірними.

Методи та методики

При дослідженнях здобувачем використовувалися загальновідомі та визнані методи та методики моделювання робочих процесів у двигунах внутрішнього згоряння, які базуються на досвіді теоретичних та експериментальних робіт, що виконувалися на протязі тривалого часу на кафедрі "Двигуни внутрішнього згоряння" Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Крім того автор використовував відомі та визнані методики та методи інших вітчизняних дослідників. Це дає змогу стверджувати що дисертаційне дослідження має надійне методичне забезпечення.

4. Наукова новизна результатів дисертаційної роботи

Наукова новизна на погляд опонента полягає у наступному.

Вперше:

- запропоновано системний підхід щодо конвертації газового двигуна з метою його ефективної роботи на низькокалорійних газових паливах;
- запропоновані залежності для визначення елементів камери згоряння двигуна ГД100, що враховують вплив її геометричних параметрів, а також параметрів режиму;
- запропоновані емпіричні залежності щодо опису динаміки та тривалості згоряння збіднених газових паливо-повітряних сумішей;
- визначено вплив виду низькокалорійного газового палива на показники робочого процесу двигуна ГД100.

Отримала подальший розвиток методика визначення раціональних параметрів форкамер двигунів з форкамерно-факельним запалюванням, що характеризуються мінімальною енергією запалювання суміші, енергією факелу та коефіцієнтом продувки форкамери.

5. Практична значимість отриманих наукових результатів полягає у наступному:

- розробленому комплексі математичних моделей внутрішньоциліндрових процесів двигуна з форкамерно-факельним запалюванням та якісним регулюванням, які дозволяють врахувати вплив компонентного складу та фізико-хімічних властивостей низькокалорійних повітряно-паливних сумішей на робочий процес та, як наслідок - показники двигуна;
- запропонованому комплексі конструкторських заходів, що забезпечує досягнення номінальної потужності двигуна ГД100 при використанні низькокалорійних газових палив;
- запропонованих раціональних конструктивних рішеннях, що дозволяють забезпечити якісне запалювання та згоряння паливо-повітряної суміші у газових двигунах серії ГД100, а також досягти високих техніко-економічних показників цих двигунів при використанні низькокалорійних газових палив.

Безумовно важливим є те, що результати дисертаційної роботи впроваджені у

ДП "Завод ім. В.О. Малишева" та використовуються у навчальному процесі й наукових дослідженнях на кафедрі двигунів внутрішнього згоряння НТУ «ХП». Результати роботи будуть корисні при проектуванні суднових та стаціонарних енергетичних установок з ДВЗ, а також при їх модернізації, що дозволить отримати певний економічний ефект.

Однак дисертаційна робота є вільною від зауважень, до яких слід віднести наступні.

1. Обсяг першого розділу дисертації є перевантаженим (13-44 с.).

2. На початку другого розділу роботи наведено невдале висловлення "В основу дисертаційної роботи покладено результати експериментальних досліджень робочого процесу двигунів типу ГД100, що проведені на ДП "Завод ім. Малишева"

3. Розробка нових двигунів та вдосконалення існуючих конструкцій в сучасних умовах повинні проводитися з урахуванням екологічних показників ДВЗ. В дисертаційній роботі та авторефераті не зроблено жодного акценту на екологічність двигуна.

4. Основний недолік двигуна 11ГД100 – низька паливна економічність на режимах малих навантажень у зв'язку з суттєвим не догорання палива (неповнота згорання на режимі 20% N_e складає 20%, а на режимі холостого ходу – 49%). В роботі як основний захід для боротьби з цим недоліком пропонується зменшення коефіцієнту надлишку повітря за рахунок зменшення тиску наддуву (регулювання тиску наддуву) та підвищення температури заряду на впуску. Проте набагато більш ефективним є відключення подачі палива до двигуна електроклапанами за командами електронного блоку керування (відключення циліндрів).

5. Відсутня детальна проробка деяких запропонованих заходів, зокрема введення регульованого наддуву, підвищення тиску в газовій магістралі тощо.

6. В дисертації представлена схема експериментального стенду стаціонарного газового двигуна 11ГД100 (рис. 2.1, ст. 46). Проте не наведені відомості щодо вимірювальних приладів та пристроїв, які застосовувалися при проведенні даних експериментальних досліджень.

7. Робота має деякі недоліки редакційного характеру. Так, у розділі 2 на сторінці 49 (рис.2.3) наведені значення температур відпрацьованих газів в К, а потрібно в °С.

8. Доцільним було б проаналізувати використання низькокалорійних газових палив в двигунах, що працюють за газодизельним циклом. Оскільки двигуни типу ГД100 мають достатньо високу ступінь стиску для реалізації такого робочого процесу.

9. Дисертаційна робота побудована на аналізі та систематизації експериментальних досліджень двигунів ГД100, які працюють на природному газі та біогазі, що проведені на ДП "Завод ім. Малишева". Проте відсутні експериментальні підтвердження ефективності запропонованих в роботі заходів з конвертації базового двигуна для використання інших низькокалорійних газових палив. Нажаль це недолік, який на сьогодні проблематично виправити внаслідок складностей з фінансуванням наукових досліджень в країні.

10. На сьогодні перспективними є стаціонарні енергетичні установки, що розробляють за когенераційними або тригенераційними схемами, які включають системи

утилізації (вироблення або видобування) низькокалорійних газових палив (шахтного газу, біогазу та ін.) та комплексної утилізації теплових потоків від ДВЗ. Проте в роботі не запропоновані такі схеми. Очевидно це є напрямом подальших досліджень здобувача.

Загальні висновки по роботі

В результаті вивчення наданих Кравченком С.С. дисертаційної роботи, автореферату та наукових праць можна зробити наступний висновок.

Дисертація Кравченко С.С. "Конвертація стаціонарного двигуна ГД100 для роботи на низькокалорійних газових паливах", яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.03 – "Двигуни та енергетичні установки", є самостійною, завершеною науково-дослідною роботою, в якій отримані нові, теоретично обґрунтовані та експериментально підтверджені результати, що в сукупності вирішують конкретну науково-прикладну задачу, спрямовану на підвищення ефективності енергетичних установок на базі ДВЗ, які використовують низькокалорійні газоподібні палива.

Автореферат відповідає змісту дисертаційної роботи та відображає її основні результати, а також є ідентичний дисертації.

Робота відповідає паспорту спеціальності 05.05.03 – "Двигуни та енергетичні установки", відповідає документам ДАК МОНУ "Порядок присудження наукових ступенів и присвоєння вчених звання", "Основним Вимоги до дисертацій та авторефератів дисертацій", які пред'являються до кандидатських дисертацій та напрямками досліджень, позначених в цьому паспорті.

Дисертація містить всі необхідні кваліфікаційні ознаки, що пред'являються до робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор, КРАВЧЕНКО Сергій Сергійович, безумовно, заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук.

Офіційний опонент,
завідуючий кафедрою
двигунів внутрішнього згоряння,
Національного університету кораблебудування
ім. адм. Макарова, д-р техн. наук, професор



Б. Г. Тимошевський

Підпис Б. Г. Тимошевського затверджую
проректор з наукової роботи
д-р техн. наук, професор



В.С.Блінцов