



ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

про дисертаційну роботу Нгуен Ван Зионга

«Розробка конструкції поршня середньообертового дизеля із застосуванням модернізованого методу визначення термонапруженого стану»,
що представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 142 – енергетичне машинобудування

Актуальність теми дисертації. Суттєво тривалий період техніко-економічного розвитку в історії людства займає використання та постійне удосконалення двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ). При цьому поршневі ДВЗ являють собою одну з невеликого ряду базових машин для отримання механічної енергії. Незважаючи на відомі тенденції щодо застосування альтернативних джерел енергії, кількість та встановлені потужності поршневих ДВЗ рік у рік зростають, а їх конструкції постійно удосконалюються. Досягнуті результати та перспективи подальшого розвитку ДВЗ дозволяють провідним фахівцям двигунобудівної галузі прогнозувати їх довготривале використання як самостійних одиниць, так і у складі комбінованих енергетичних установок.

Тendenції розвитку ДВЗ обумовлені як економічними, так і соціальними вимогами. Економічні пов'язані з вимогами підвищення паливної економічності машин, зменшення вартості їх виготовлення та мінімізації витрат на підтримку повного життєвого циклу. Соціальні пов'язані з першими та обумовлені тенденцією підвищення безпеки застосування і зниженням токсичних викидів з відпрацьованими газами. У цій роботі зусилля зосереджені на підвищенні економічної ефективності використання середньообертових дизелів через підвищення ефективності методів проектування їх поршнів. При розробці відповідних гібридних силових установок актуальність представленої роботи тільки зростає.

Зменшення питомої витрати палива може бути досягнуто одним з двох шляхів – підвищенням ефективності згоряння палива і зменшенням механічних

втрат, бажано, при одночасному підвищенні ресурсу основних конструктивних елементів. На сьогодні такі завдання виконуються при застосуванні в процесі автоматизованого проектування концепції гарантованого забезпечення ресурсу.

Відомо, що поршень ДВЗ разом зі суміжними деталями, що утворюють камеру згоряння, є тією системою, що у значному ступені визначає ресурс двигуна в цілому. З іншого боку, зменшення маси поршня має привести до зростання механічного ККД двигуна та зменшення питомої витрати палива. Однак обмежувальними факторами тут виступають температура поршня, а також пов'язаний з розподілом температури його напружений стан. Таким чином, при створенні нових та модернізації існуючих ДВЗ термостійкість поршнів значно погіршується через підвищення їх температури внаслідок мінімізації маси та зростання літрової потужності. При збільшенні діаметра поршня забезпечення високих показників як параметричної, так і фізичної надійності конструкції ускладнюється. Це пов'язано із збільшенням температурних перепадів та термічних напружень тілом поршня. Тому вибір в якості об'єкта дослідження поршня середньообертового дизеля слід вважати доцільним, важливим та таким, що потребує розробки нових теоретичних підходів та їх практичної реалізації при проектуванні.

Значний вплив на зниження міцності поршня, здійснюють компоненти навантажень високої та низької частоти, відповідно обумовлені змінами параметрів робочого циклу та змінами режиму роботи. У зв'язку з цим безумовно, що пошук шляхів зниження рівня температур і зменшення термічних напружень без залучення сучасних методів моделювання потребують великої кількості експериментів та значних витрат матеріальних ресурсів і часу. З іншого боку, рішення задач теплопровідності з використанням комп'ютерно-інтегрованих автоматизованих систем дозволяє ще на стадії проектування моделювати стаціонарні і нестаціонарні температурні поля деталей. Але достовірне моделювання температурного та складного

напруженого стану неможливе без визначення граничних умов (ГУ) на поверхнях поршня. Також слід підкреслити, що навіть при відомих ГУ складність моделювання процесу теплообміну і втрати міцності поршня є високою, що суперечить вимогам прискореного отримання шуканого рішення. Саме тому вирішення поставленого завдання щодо розробки конструкції поршня для середньообертового дизеля вимагає уточнення теплових ГУ та використання обґрунтованого рівня спрощень математичних моделей, що застосовуються на початкових етапах проектування поршнів.

На основі викладеного вище повинно бути ясно, що розробка методу моделювання поршня з визначенням граничних умов задач теплообміну по всіх його поверхнях, а також розробка конструкції поршня зменшеної маси та з ресурсом не меншим, ніж у базового, з використанням запропонованого методу є актуальною науково-практичною задачею.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій.
Основні результати і висновки дисертації є достовірними і обґрунтованими.

Теоретичні і практичні результати, що отримані автором під час проведення дослідження, спираються на сучасні досягнення в галузі енергетичного машинобудування, зокрема двигунобудування, базуються на основних засадах теорії двигунів внутрішнього згоряння, теплообміну, міцності. Результати роботи не протирічають основним законам термодинаміки, теплотехніки, механіки, новітнім досягненням вчених, що працюють в цьому науковому напрямку. Достовірність отриманих результатів забезпечується коректною постановкою задач та коректним використанням пакетів САПР.

Результати моделювання перевірені на експериментальних даних, що отримані іншими дослідниками. Зроблені висновки та рекомендації втілені в розроблених моделях, методиках, програмах та запропонованих конструкціях поршнів.

Висновки, що приведені автором по розділам роботи, та загальні висновки повністю відповідають її змісту, поставленим задачам та отриманим

результатам.

Наукова новизна та теоретична цінність результатів дисертаційної роботи полягає в наступному:

- набув подальшого розвитку комплексний підхід до визначення граничних умов при моделюванні температурного та напружено-деформованого стану конструкції поршня, що включає одночасне урахування параметрів робочого процесу, параметрів нагріву охолоджуючої рідини і масла, впливу прискорення поршня на теплопередачу в охолоджуюче масло і вплив теплопровідності в зазорах;
- вперше показано, що при корегуванні тільки одного з коефіцієнтів, що входять до полуетпіричних формул з визначення коефіцієнту тепловіддачі по поверхні камери згоряння, означені формули забезпечують достовірне моделювання температурного стану поршня середньообертового дизеля, зокрема, типу Д100;
- вперше досліджено вплив змінного прискорення поршня на коефіцієнт тепловіддачі при струминному масляному охолодженні внутрішньої порожнини поршня;
- отримано нові регресійні залежності коефіцієнту тепловіддачі від режиму роботи дизеля.

Практична цінність отриманих результатів:

- отримано теплові граничні умови на внутрішній поверхні днища поршня в умовах масляного струминного охолодження з урахуванням змінного прискорення поршня;
- отримано значення теплових опорів в місцях сполучення поршневого кільця з канавкою поршня і в зазорі поршень-циліндр;
- запропоновано профіль поршня, що забезпечує мінімально можливий зазор у сполученні «поршень-циліндр»;

- розроблено і оптимізовано конструкцію полегшеного на 45 % поршня для двигуна 10Д100, що забезпечує зниження механічних втрат до 2,5 % і забезпечує ресурс на рівні ресурсу штатної конструкції;
- на прикладі модернізації поршнів дизелів Д80, Д49 виконано пілотний проект модернізації конструкції поршня середньообертового дизеля.

Рекомендації щодо використання результатів.

Отримані здобувачем наукового ступеня доктора філософії результати доцільно спрямувати на підприємства, що розробляють та виробляють середньообертові двигуни, зокрема на підприємство ДП «Завод імені В.О. Малишева». Доцільно, також, використати результати дослідження на підприємствах, що ремонтують двигуни типу Д100. Спеціалісти, що практикують в галузі двигунобудування, мають використовувати результати моделювання граничних умов для практичного застосування при розробці і використанні алгоритмів та програм розрахунків робочих процесів, показників міцності та ресурсу ДВЗ, їх теплонапружених вузлів та деталей.

Повнота викладу результатів роботи в опублікованих працях. Основні результати дисертації відображено у 15 наукових працях, з яких 2 статті в виданнях, що реферуються в наукометричній базі даних Scopus, 1 публікація в колективній монографії (розділ монографії), 4 – в фахових наукових виданнях України. Аналіз внеску здобувача у публікаціях стосовно дисертації зачсвідчив повноту та самостійність отриманих результатів.

В тексті дисертаційної роботи та публікаціях автора відсутні порушення академічної доброчинності. Дисертація оформлена згідно існуючих вимог.

Зауваження щодо змісту дисертації:

1. В назві дисертації зроблено акцент на практичну спрямованість роботи, а науковий доробок розглядається вторинним, що є недоцільним. По суті розглядається питання розробки модернізованого методу визначення термонапруженого стану поршня середньообертового дизеля для системи його комп'ютерно-інтегрованого проектування.

2. На рис. 1.2, 1.3 наведено потужність тертя в парі поршень-циліндр від маси поршня. З роботи не ясно, як це перевести в зростання ККД, як його вирахувати.
3. На рис. 3.1 введено поняття ЕХР (відносна похибка) але немає пояснення цього терміну.
4. З тексту дисертації незрозуміло, чому при аналізі відомих полуемпіричних формул для визначення коефіцієнту тепловіддачі в камері згоряння частка теплоти, що відводиться в систему охолодження, складає 20% від внесеної теплоти. Не показано, як змінюється ця частка на неномінальних режимах навантаження дизеля.
5. В розділі 4 не наведено значення граничних умов по поверхнях поршня і не вказано режим, для якого проведено моделювання станів нового і базового поршнів. Не зрозуміло, як зміна режиму або граничних умов може вплинути на зміну конструкції, і як ці граничні умови корелюють з тими, що отримані в розділах 5 і 6.
6. На рис. 6.7 наведено коефіцієнти тепловіддачі по поверхнях поршня і циліндра, на жаль шкали коефіцієнтів не читаються, а в таблиці 6.2 наведено осереднені значення.
7. Вибір еквівалентних граничних умов в камері згоряння поршня здійснено за даними табл.7.1 на основі температурного стану поршня в п'яти послідовних високочастотних циклах. При методично вірному підході п'ятициклову розрахункову базу при обраній різниці розрахункових температур в 0,2-0,5К слід вважати недостатньою.
8. Не зрозуміло, навіщо наведено рис 7.16 після того, що він вже є (рис. 1.12).
9. Подані методики передбачають необхідність моделювання напружено-деформованого стану поршня в перехідному режимі роботи дизеля щодо задач, поставлених в розділах 7,8. Але постановку нестационарної задачі викладено в розділі 8.

10. Рис. 8.8, що є заключним у відповідному розділі, потребує більш розгорнутого опису.

Також слід навести зауваження технічного характеру. В україномовному тексті зустрічаються окремі фразеологічні та граматичні помилки, водночас, слід зазначити, вони не вплинули на розуміння поданого науково-технічного викладення матеріалу.

Висновки. Незважаючи на наведені зауваження, загальна оцінка роботи – позитивна і висока. Робота присвячена надважливому питанню – ненадійна конструкція поршня не дозволяє стверджувати про надійність конструкції двигуна. Комплекс поставлених в роботі задач є великим і складним, та здобувач у цілому досяг запланованого результату. Відповідно, вказані зауваження не є такими, що зменшують загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи. В результаті наука про ДВЗ отримала нові теоретичні результати, а практика – істотно модернізований метод проектування поршня середньообетрового дизеля.

Дисертація є завершеним самостійним дослідженням, в якому розв'язується завдання щодо створення технології проектування поршня середньообетрового дизеля з суттєво поліпшеними параметрами щодо його маси (отримано зниження маси на 45%). Уточнено зв'язок робочого процесу з тепловим станом поршня. Особливу увагу приділено уточненню граничних умов по поверхням поршня, включаючи камеру згоряння, поверхню масляного охолодження, поверхні, що по'язані з циліндром та кільцями. Запропоновано ряд оригінальних підходів до моделювання граничних умов в системі зазорів поршень-циліндр та поршень-масло.

За актуальністю обраної теми, обґрунтованістю наукових положень, сформульованих висновків і рекомендацій, їх новизною, повнотою викладення в наукових публікаціях та відсутністю порушень академічної доброчесності дисертаційна робота відповідає пунктам 9-12 Порядку проведення

експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 року №167, а її автор – Нгуен Ван Зионг заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 142 – енергетичне машинобудування.

Завідувач кафедри двигунів внутрішнього згоряння

Національного технічного університету

«Харківський політехнічний інститут»,

Лауреат Державної премії України в галузі науки і
техніки, доктор технічних наук, професор

Володимир ПИЛЬОВ

«19» червня 2020 р.

