

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертацію Аріана Расула

«Підвищення ефективності моделювання теплонапруженого стану

поршнів ДВЗ в багатоступінній САПР»,

подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

за спеціальністю 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки

Дисертація молодшого наукового співробітника Аріана Расула присвячена вирішенню важливої наукової задачі – підвищенню надійності поршнів двигунів внутрішнього згоряння в експлуатації та є продовженням робіт харківської двигунобудівної школи, зокрема фахівців Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». В дисертації запропоновано, зроблено і реалізовано прогресивні підходи щодо підвищення ефективності аналізу теплонапруженого стану поршнів та на цій основі підвищення якості їх проектування. Отримані результати ґрунтуються на уточненні положень концепції гарантованого забезпечення фізичної цілісності поверхні камери згоряння поршня протягом заданого терміну експлуатації, що може бути досягнуто на початкових етапах проектування застосуванням удосконалених моделей, методик та маршрутів проходження проекту в САПР.

1. Актуальність обраної теми визначається багатьма чинниками. Серед яких слід відзначити:

- незмінну тенденцію підвищення рівнів форсування поршневих двигунів внутрішнього згоряння, що впливає на теплонапруженість поршнів;
- високу теплонапруженість поршнів та факти руйнування поверхні їх камер згоряння в експлуатації, що визнають провідні виробники поршнів та двигунів;
- складний характер фізичних процесів втрати міцності, що визначається високо- та низькочастотною термомеханічною втомою матеріалу, його повзучістю, релаксацією термічних напружень, а також складним характером зміни режимів експлуатаційних навантажень двигуна та його систем, які й ви-

значають теплонапруженість поршня. Усе це визначає суттєву складність моделювання означених процесів втрати міцності поршнів;

– намаганнями фірм розв'язувати задачі проектування в найкоротші терміни з мінімальними витратами часу і коштів, що пов'язане з конкуренцією на ринку виробників поршнів і двигунів в цілому. Це завдання вирішують з використанням методів і засобів САПР, при цьому завжди виникає потреба у використанні певних припущень і спрощень в розроблюваних моделях та застосуванні певних маршрутів проектування.

Саме потребою обґрунтування застосувань спрощень і припущень, отриманих на цій основі результатів і рекомендацій та маршрутів проектування поршня в САПР підтверджується актуальність теми дисертації.

Робота виконана на кафедрі двигунів внутрішнього згорання Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» за держбюджетною темою МОН України «Розробка наукових основ доводки конструкцій і систем високофорсованих вітчизняних дизелів для забезпечення їх високих технікоекономічних показників» (ДР № 0115U000511).

Актуальність теми дисертації також підтверджується тим фактом, що за два тижні її перебування у вільному інтернет-доступі здійснено 68 її переглядів та скачувань, тобто до п'яти звернень на день. Серед них користувачі з України, Ірану, США, Нідерландів, Росії тощо. В Україні це міста Харків, Київ, Дніпро, Кременчук, Черкаси, за кордоном – Сан-Франциско, Лос-Анджелес, Даллас, Ашберн, Амстердам та інші.

2. Оцінка обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Основні результати і висновки дисертації є достовірними і обґрунтованими. Здобувач будує свої дослідження на коректному застосуванні основних положеннях теорій двигунів внутрішнього згорання, теплопровідності, міцності.

Застосовані в дослідженні підходи, сформульовані наукові положення та отримані результати ґрунтуються на достатності аналізу літературних джерел, коректних математичних постановках задач, використанні сучасного математи-

чного апарату для їх розв'язання, достатнім для розв'язання сформульованих завдань обсягом виконаних натурних та чисельних експериментів.

Усі наведені в дисертаційному дослідженні наукові положення, висновки і рекомендації достатньо обґрунтовані здобувачем у тексті кожного з чотирьох розділів дисертації.

Достовірність основних положень, висновків і рекомендацій дисертації також підтверджується апробаціями роботи з 2014 р. по 2017 р. на шести міжнародних науково-технічних конференціях.

3. Повнота викладу результатів в опублікованих працях.

Результати роботи за темою дисертації опубліковано в 12 наукових працях. Серед них 5 у фахових виданнях України, 2 – у фахових закордонних виданнях (Proceedings of the Institute of Vehicles, Польща; Industrial Technology and Engineering, Казахстан). Отримано 1 патент України на корисну модель (№113642), опубліковано тези чотирьох доповідей. Аналіз публікацій дозволяє дійти висновку, що їх зміст охоплює усі розділи дисертації, тобто основні положення дисертації опубліковані та відомі широкому колу науковців відповідного профілю.

4. Наукова новизна одержаних результатів.

Дисертантом виконано необхідний обсяг теоретичних та експериментальних досліджень, які дозволяють розвинути наукові уявлення щодо термонапруженості, а також накопичених пошкоджень утоми і повзучості матеріалу поршня в можливих критичних зонах камери згоряння. Найбільш важливими із одержаних в дисертації результатів, які визначають наукову її новизну роботи, можна вважати наступні:

- вперше показано, що наслідками локальних змін геометрії вогневої поверхні поршня можуть бути різноспрямовані зміни температурного та термонапруженого стану таких зон;

- вперше оцінено вплив кута випередження подачі палива на рівень коефіцієнту теплообміну в камері згоряння дизеля, і як наслідок, на термонапружений стан та ресурс кромки камери згоряння поршня.

Третій пункт наукової новизни дисертаційної роботи пропонується викласти в такій редакції:

– вперше визначено вплив спрощень опису геометрії, граничних умов теплопровідності поршня та рівня форсування двигуна на результати розрахунку температур, термічних напружень та ресурсної міцності для сукупності можливих критичних зон кромки камери згоряння поршня.

Це уточнення узгоджується з результатами роботи на відміну від відомих раніше даних про вплив геометрії поршня, рівнів форсування двигунів та інших чинників на термонапружений стан і рівень накопичених пошкоджень, що визначались виходячи з припущення про симетричність конструкції та температурних полів відносно вісі поршня.

5. Оцінка висновків здобувача щодо значущості його праці для науки й практики.

Отримані наукові результати поширюють уявлення щодо особливостей теплонапруженості можливих критичних зон поршня та дозволяють ставити задачі часткового переходу від концепції гарантованого забезпечення міцності поршня до концепції роботи матеріалів поршнів на межі міцності.

Значущість отриманих результатів та висновків полягає в обґрунтуванні маршруту аналізу конструкції поршня в багатоетапній САПР за сукупністю розглянутих чинників впливу та критеріїв теплонапруженості.

Основу практичної цінності роботи складає:

– запропонована залежність коефіцієнта теплообміну для поверхні камери згоряння поршня, що враховує кут випередження подачі палива дизеля;

– удосконалена методика аналізу теплонапруженого стану та міцності теплонапружених зон поршнів, яка передбачає гарантоване забезпечення їх заданого ресурсу при допустимій мінімізації витрат часу на початкових етапах проектування;

– визначений вплив конструктивних параметрів поршня на рівень температур, термічних напружень і міцності кромки камери згоряння, а саме: наявності вибірок під клапани, додаткових вибірок по контуру кромки камери

згоряння, формозміни порожнини масляного охолодження;

– запропоновані нові конструкції поршнів з порожнинами масляного охолодження за патентом України № 113642 та за заявкою на патент України №U201613614.

У цілому результати дисертаційного дослідження впроваджені в Інституті проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України, а також в наукові дослідження та в навчальний процес кафедри двигунів внутрішнього згоряння НТУ «ХП».

Особливістю роботи є те, що результати аналізу базуються на їх порівнянні з результатами для надійно працюючого в аналогічних умовах експлуатації прототипа. Тому від використання результатів роботи в практиці двигунобудування слід очікувати як скорочення часу проектування, так і підвищення фізичної надійності поршнів форсованих двигунів.

Методологічно результати роботи в рівному ступені можна рекомендувати для аналізу міцності поршнів двигунів різних типів, розмірності, призначень.

6. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому та викладення зауважень щодо її оформлення.

Дисертація має дві анотації, складається зі вступу, переліку умовних позначень, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Обсяг дисертації складає 157 сторінок, на яких крім текстової частини подано 42 рисунки, 29 таблиць, перелік використаних літературних джерел зі 154 найменувань, 3 додатки.

Зміст розділів відповідає рекомендаціям.

Перший розділ присвячено аналізу проблем прогнозування термонапруженого стану та фізичної цілісності поверхні камери згоряння поршня протягом заданого терміну експлуатації, другий – загальним положенням методів і методик аналізу термонапруженого стану поршнів та фізичної цілісності поверхні камери згоряння. В третьому наведені результати експериментального дослідження та їх обробки. Четвертий розділ присвячено результатам аналізу та ре-

комендаціям щодо використання нових розроблених методик, що підвищують ефективність моделювання теплонапруженого стану поршня та здійснюють відносно прототипу оцінки фізичної цілісності кромки камер згоряння. На цій основі у розділі запропоновано маршрут аналізу конструкції поршня в САПР, який передбачає проходження трьох етапів. Результати роботи доведено до чисельних значень критеріїв якості для поршнів альтернативних конструкцій.

Кожний розділ дисертації завершено підрозділом висновків. Окремим розділом подано шість основних висновків та відомості щодо використання результатів у практиці наукових досліджень та в навчальному процесі. Висновки по роботі повністю відповідають її змісту і отриманим результатам. У висновках знайшли своє відображення усі сформульовані задачі дослідження.

Зауваження та побажання за змістом роботи.

1. У першому розділі подано фотографічну інформацію (рис. 1.2 на стор. 19) та дані низки джерел (посилання [13-21], [51-55]) щодо ненадійної роботи поршнів і, зокрема, розтріскування теплонапружених поверхонь камер згоряння. Однак в роботі не наведені моделі двигунів, умови їх експлуатації, розміри поршнів.

2. У другому розділі наведено методику оцінки накопичених пошкоджень матеріалу поршня в зонах локальних екстремумів напруженості, яка побудована на концепції гарантованого забезпечення ресурсу та спільному урахуванні впливу втоми та повзучості матеріалу. Доцільно було б навести окремо вплив цих процесів, що враховується запропонованим виразом (2.6), наведеним на стор. 56.

3. У третьому розділі подано дані щодо експериментального дослідження температурного стану поршня дизеля 4ЧН12/14 при різних рівнях форсування та кутах випередження подачі палива (θ), але при одній частоті обертання колінчастого валу – 1800 хв^{-1} . Експериментальну базу бажано було би розширити на інші частоти обертання колінчастого валу. Кут випередження подачі палива є режимним параметром і в сучасних дизелях керуючим сигналом для формування його оптимального значення використовується, окрім частоти обертання

колінчастого валу, ще й навантаження дизеля. Наслідком відхилення цього параметра від оптимального значення буде зміна параметрів циклу, а відтак і температурного стану деталей КС. З яких міркувань обиралося значення θ для кожного режиму навантаження в експериментальній частині роботи Аріана Ра-сула не зовсім зрозуміло, тобто, чи для цього знімалися оптимальні регульовані характеристики, чи значення θ обиралося з інших міркувань.

4. В дисертації бажано було б навести дані щодо повних циклів зміни температур і термічних напружень при накиданнях-скиданнях навантажень дизеля.

5. В дисертації відсутні відомості щодо зменшення часу проектування поршня.

6. З дисертації не ясно, на скільки завищеним є результат оцінки ресурсу поршня внаслідок використання одноступеневих залежностей зміни граничних умов задачі теплопровідності в часі (вираз (2.4) та рис. 2.5 на стор. 50-51), та на скільки він є завищеним внаслідок виконання розрахунків за одним визначальним перехідним процесом (вираз (2.6) на стор. 56).

Зауваження щодо оформлення роботи.

1. В назві першого розділу двічі зустрічається слово «стану», перший раз воно є зайвим.

2. В авторефераті допущено технічну помилку на рис. 6, де замість розмірності «секунди» стоїть «хвилини». В дисертації цієї помилки немає.

У цілому вказані зауваження і побажання не зменшують загальну високу оцінку роботи та не порушують основні її положення, не знижують наукову новизну та практичну цінність.

7. Визначення ідентичності змісту автореферату й основних положень дисертації.

У цілому оформлення дисертації та автореферату відповідає вимогам до них, за винятком наведених зауважень.

Автореферат достатньо повно відзеркалює зміст дисертації, її структуру, основні результати і висновки.

Висновок.

Дисертація Аріана Расула на тему «Підвищення ефективності моделювання теплонапруженого стану поршнів ДВЗ в багатоетапній САПР» є завершеною науково-дослідною працею, яка містить нові наукові та практичні результати, що можуть бути розповсюджені на двигуни різних типів, призначень та розмірності. Зроблені зауваження не впливають на її позитивну оцінку, результати, рекомендації та висновки.

Дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки.

У цілому дисертація відповідає вимогам пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» від 24.07.2013 р. №567 щодо кандидатських дисертацій, а її автор, Аріан Расул, заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки.

Старший науковий співробітник
відділу водневої енергетики
ІПМаш ім. А.М. Підгорного НАН України
канд. техн. наук



А.М. Левтеров

Підпис Левтерова А.М. засвідчую
Вчений секретар
ІПМаш НАН України,
доктор техн. наук




К.В. Максименко-Шейко