

ВІДГУК

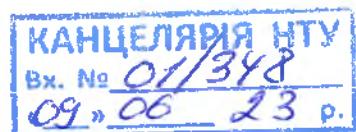
офіційного опонента к.т.н., доцента кафедри автомобілів і транспортних технологій Державного університету «Житомирська політехніка» Ільченка Андрія Володимировича на дисертаційну роботу **Ричка Сергія Олексійовича** на тему «Поліпшення показників двигуна з іскровим запалюванням удосконаленням комбінованого методу регулювання потужності», поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування»

Актуальність теми дисертації.

Робота пов'язана з визначенням найбільш доцільного способу відключення циліндрів на серйому двигуні з точки зору поліпшення паливної економічності і зниження викидів ЗР.

Відомо, що витрата палива двигунами внутрішнього згорання транспортних засобів напряму залежить від умов їх експлуатації. Сьогодні на легкових автомобілях переважно встановлюються двигуни внутрішнього згорання з іскровим запалюванням (ДІЗ). Також відомо, що особливо в міському циклі руху двигуни працюють на режимах часткових навантажень. При цьому витрата палива та викиди шкідливих речовин значно гірші внаслідок погіршення робочого процесу в циліндрах двигуна. В даних двигунах на ці результати має значний вплив процес дроселювання.

Відомо багато методів поліпшення показників ДІЗ на режимах часткових навантажень і холостому ході, одним з привабливих можна вважати зміну потужності ДІЗ зміною числа працюючих циліндрів. Для його використання розроблено системи газообміну двигуна, але зміну числа працюючих циліндрів можна застосовувати також і на серйних двигунах. Проведені дослідження показали ефективність цього методу щодо поліпшення паливної економічності і зменшення викидів шкідливих речовин за роботи на частині циліндрів. Даний метод регулювання потужності двигуна називають комбінованим, оскільки він передбачає дроселювання паливо-повітряної суміші і відключення групи



циліндрів. Ефективність цього методу залежить від різних факторів і потребує додаткового вивчення.

Дослідження спрямовано на вирішення важливої задачі визначення найкращого способу відключення циліндрів на серйному двигуні для поліпшення його паливної економічності і зниження викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами. Таким чином, тема дисертаційного дослідження Ричка Сергія Олексійовича актуальна і має важливе науково-практичне значення.

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

Робота виконана згідно плану наукових робіт НТУ на 2020-2022 роки за темами:

- “Зниження витрати палива і шкідливих викидів двигунами дорожніх транспортних засобів оптимізацією конструктивних і експлуатаційних факторів” (державна реєстрація № 0119U100692);
- “Поліпшення екологічних показників та економічності двигунів транспортних засобів удосконалення систем та використанням альтернативних палив” (2022 рік, державна реєстрація № 0122U000514).

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків і рекомендацій

Сформульовані в роботі наукові положення та рекомендації є науково обґрунтованими та підтверджуються отриманими результатами з використанням сучасних методів математичного моделювання та експериментальних досліджень, введених припущень та узгоджуються з результатами, що отримано на математичній моделі і експериментальних досліджень, та досліджень інших авторів.

Основні положення, що визначають наукову новизну дисертаційної роботи полягають у наступному:

- розроблено методику проведення розрахункових досліджень впливу способу відключення групи циліндрів на паливну економічність і викиди забруднюючих речовин з відпрацьованими газами ДІЗ за допомогою комбінованого методу регулювання потужності;
- отримано залежність щодо визначення індикаторного коефіцієнта корисної дії (ККД) працюючої групи циліндрів ДІЗ;
- запропоновано залежність визначення механічного ККД ДІЗ при відключені групи циліндрів з врахуванням експериментально даних тиску механічних втрат і розрідження на впуску відключених циліндрів;
- отримано значення паливної економічності і екологічних показників ДІЗ при використанні різних способів відключення групи циліндрів для комбінованого методу регулювання потужності.

Значення отриманих результатів для теорії і практики:

В представлений роботі для практичного застосування і аналізу отримано:

- результати експериментальних досліджень паливної економічності 6-циліндрового ДІЗ при регулюванні потужності відключенням циліндрів в режимах малих навантажень і холостого ходу;
- дані витрати палива в залежності від навантаження ДІЗ з відключенням групи циліндрів різними способами;
- концентрації і масові викиди забруднюючих речовин у відпрацьованих газах ДІЗ в залежності від зовнішнього навантаження та відключення групи циліндрів різними способами;
- дані паливної економічності, екологічних показників, механічних втратах 6-циліндрового ДІЗ з електронною системою керування впорскуванням палива, зворотним зв'язком і трикомпонентним каталітичним нейтралізатором;
- методику розрахункових досліджень впливу способу відключення групи циліндрів на паливну економічність і екологічні показники ДІЗ при регулюванні його потужності комбінованим методом.

Представлені результати досліджень прийняті до використання інститутом газу НАН України, які враховано в дослідженнях з покращення

ефективності роботи газопоршневих двигунів та зменшення шкідливих викидів при розробленні наукових зasad ефективного спалювання альтернативних газових палив в ДВЗ, а також в навчальній процес Національного транспортного університету під час вивчення освітніх компонентів ОП спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування».

Повнота викладення наукових положень та отриманих результатів в опублікованих працях.

Матеріали роботи, що викладено і подані до захисту, отримано здобувачем самостійно. Три публікації результатів досліджень виконано в співавторстві, одна - одноосібно.

В роботах, опублікованих у співавторстві, автору належить створення експериментальної установки, планування експерименту, участь у проведенні експериментальних досліджень, обробка результатів дослідження, їх аналіз, формулювання висновків.

Теоретичні, методичні та практичні положення дисертації також представлено тезами:

- матеріали LXXVI та LXXVII наукових конференцій професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету (Київ, НТУ, 2020, 2021 роки);
- матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Новітні технології в автомобілебудуванні, транспорті і при підготовці фахівців» (Харків, ХНАДУ, 2021 рік);
- матеріали III Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем» (Рівне, НУВГП, 2022 рік);
- матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Поліпшення конструктивних та експлуатаційних показників автомобілів і машин» (Київ, НТУ, 2021 рік);

- матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури: виклики воєнного часу» (Київ, 2022 рік).

Структура та обсяг дисертації.

Робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 210 сторінок і включає: 192 сторінки основного тексту, 92 рисунки, список використаних джерел в кількості 72 на 9 сторінках та 8 додатків.

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету, задачі, об'єкт і предмет дослідження, викладено наукову новизну, практичне значення, а також інформацію про апробацію та публікацію основних положень дисертації.

В **першому розділі** проведено аналіз наукових досліджень у сфері поліпшення показників роботи ДІЗ для різних експлуатаційних режимах роботи. Доведено, що основними режимами роботи автомобільних двигунів в експлуатаційних умовах є часткові режими (навантажувальні та швидкісні). При цьому встановлено, що в міських умовах сучасний легковий автомобіль працює з використанням крутного моменту ДІЗ близько 25 % від максимального протягом 58 % часу.

Способи регулювання енергетичних та екологічних показників ДІЗ дроселюванням свіжого заряду накладає певні особливості робочого процесу в режимах часткових навантажень і холостого ходу: зменшуються початкові і кінцеві тиски, зростає розбавлення робочої суміші залишковими газами. При цьому погіршується процес згорання, знижується індикаторний ККД ДІЗ, зростають насосні втрати, витрата палива. Зменшити вплив дроселювання на показники роботи ДІЗ в зазначених режимах можливо, наприклад, застосуванням комбінованого методу регулювання потужності відключенням групи циліндрів, ефективність якого залежить від способу їх відключення, що потребує додаткових досліджень.

У другому розділі показано, що реалізувати комбінований спосіб регулювання потужності ДІЗ відключенням групи циліндрів можливо по-різному. Більш широке розповсюдження отримав спосіб припинення подачі повітря, але його реалізація можлива за допомогою спеціальної системи, яку може бути розроблено в процесі виробництва двигуна.

Попередні дослідження на двигуні з системою впорскування показали, що спосіб відключення циліндрів впливає на паливну економічність двигуна, що визначило напрям подальших досліджень. Розроблені системи регулювання потужності ДІЗ, які дозволяють досліджувати різні способи відключення циліндрів, при цьому автором відмічається, що найкраща паливна економічність досягається відключенням циліндрів через зупинку клапанів, тобто припинення подачі повітря. Ряд систем розроблено і досліджено на двигунах з карбюраторною системою живлення і показано, що одним з найбільш привабливих для практичного застосування, є спосіб відключення циліндрів з вільним впуском повітря у відключенні циліндрів.

У третьому розділі проведено дослідження на паливну економічність ДВЗ в залежності від ступеня дроселювання оцінюють ефективною питомою витратою палива, яка залежить від добутку індикаторного і механічного ККД, тому для оцінки паливної економічності необхідно визначити залежність від дроселювання (зовнішнього навантаження, розрідження на впуску двигуна, індикаторного і механічного ККД).

З врахуванням підходів до визначення залежності індикаторного ККД від розрідження на впуску запропонована методика розрахунку з використанням експериментально отриманих коефіцієнту наповнення і середнього індикаторного тиску. Пропонується для визначення залежності механічного ККД від навантаження використати отриману експериментальну залежність моменту механічних втрат. При цьому доцільно оцінювати показники, віднесені до одиниці робочого об'єму.

Для визначення впливу способу відключення циліндрів на механічний ККД необхідно визначити механічні втрати при незмінній системі газорозподілу і при вільному впуску повітря у відключенні групу циліндрів.

Розроблено методику порівняння способів відключення групи циліндрів. Методикою передбачено визначення викидів забруднюючих речовин в залежності від тиску на впуску ДІЗ для відомого способу відключення групи циліндрів.

У четвертому розділі наведено зміни в системі газорозподілу двигуна для застосування комбінованого методу регулювання потужності і визначення витрат палива та викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами на різних режимах його роботи. Встановлено, що має місце поліпшення паливної економічності до 10 % за роботи ДІЗ на 3-ох циліндрах в межах крутного моменту 0...50 Нм.

В режимі ХХ за роботи на трьох циліндрах годинна витрата бензину менша на 6 ... 32 % в межах частоти обертання колінчастого вала 730...3600 хв¹. Доведено, що механічні втрати при прокручуванні прогрітого двигуна більші при незмінній системі газорозподілу у порівнянні з вільним впуском повітря у відключну групу циліндрів. Найбільша різниця в моментах механічних втрат має місце при високому розрідженні на впуску ДІЗ.

У п'ятому розділі наведено порівняння розрахункової залежності індикаторного ККД від розрідження на впуску працюючих циліндрів і отриманої експериментально. Встановлено, що найменші механічні втрати мають місце при способі відключення групи циліндрів з вільним впуском підігрітого повітря у відключенні циліндрі, найбільші механічні втрати при відключенні групи циліндрів без внесення змін у систему газорозподілу.

Порівняння ефективної питомої витрати палива при різних способах відключення циліндрів показує, що вільний впуск повітря у відключну групу циліндрів зменшує питому витрату палива на 1,5...10,5 % в залежності від навантажувального режиму. Перехід від способу відключення групи циліндрів без внесення змін у систему газорозподілу до способу відключення з вільним впуском повітря у відключенні циліндрі знижує викиди ЗР.

Для середнього навантаження ($p_e \approx 0,3 \text{ МПа}$) викиди СО при вільному впуску повітря з підігрівом менші у порівнянні і способом відключення

циліндрів без внесення змін у систему газорозподілу на 8,4%, для вільного впуску повітря без підігріву – на 6,1%.

Аналогічний вплив спосіб відключення циліндрів на масові викиди NO. При вільному впуску підігрітого повітря у відключенню групу циліндрів викиди NO зменшуються на 11%, при вільному впуску без підігріву – на 8,2%. Можна очікувати зменшення викидів HC при використанні способу відключення з вільним впуском підігрітого повітря у порівнянні зі способом з незмінною системою газорозподілу за роботи двигуна в режимі середнього навантаження на 5,7%, без підігріву – на 4,2%. Розрахунки показують, що спосіб відключення групи циліндрів з вільним впуском підігрітого повітря призводить до зменшення зведених до CO викидів у порівнянні зі способом з відключенням при незмінній системі газорозподілу на 10,8% та без підігріву – на 8,1%. Поліпшення паливної економічності при використанні способів з вільним впуском повітря у відключенні циліндрів дозволило зменшити викиди CO₂ на 5,7% при підігріві повітря і на 4,7% без підігріву.

У додатках наведено акти та довідка про впровадження і використання результатів дисертаційного дослідження.

Висновки результатів дисертаційного дослідження сформульовані послідовно. Вони відповідають структурі дослідження, містять основні його результати та відображають реалізацію мети і задач дослідження.

Дисертаційна робота має логічну структуру. Методологія дисертації сучасна: використані математичні методи та експериментальна перевірка основних положень, наведено оцінювання та зіставлення теоретичних та експериментальних результатів. Робота в повній мірі відповідає вимогам до дисертаційних робіт, встановлених Міністерством освіти і науки України. Дисертаційна робота Ричка Сергія Олексійовича є завершеною науковою роботою і повно відображає основні наукові здобутки, висновки та рекомендації автора.

Дискусійні положення та зауваження до дисертації.

Оцінюючи зміст представленої до захисту дисертаційної роботи Ричка Сергія Олексійовича, обґрунтованість висновків та рекомендацій є потреба звернути увагу на дискусійні, з моєго погляду, наукові положення дисертаційної роботи, що можуть бути предметом дискусії під час захисту, а саме:

1. Назви розділів (підрозділів) дисертації потребують більш лаконічного формулювання (наприклад, розділ 2 має до 19 слів).
2. Розділи дисертації кількісно переобтяжено висновками, які логічно потребують об'єднання.
3. В дисертації наведено багато пояснень загальновідомих і/або загальноприйнятих понять, формул відомого характеру та повторень відомих підходів тощо.
4. Не зрозуміло саме в який частині (і в якому сенсі) автор виносить в наукову новизну результати експериментальних досліджень. На наш погляд формулювання наукової новизни необхідно більш конкретизувати відповідями на питання «чим саме досягнуто», «чим відрізняється від відомого», «який це дає позитивний результат» тощо. Потребує уточнення розроблена методика і саме чому автор її виносить в наукову новизну (за якими ознаками).
5. На наш погляд результати розрахункових досліджень паливної економічності і екологічних показників при використанні різних способів відключення групи циліндрів відносяться до практичного значення роботи, ніж до її наукового значення.
6. Якщо автором розроблено нове удосконалення комбінованого методу регулювання потужності, не зрозуміло, чому запропонований спосіб не захищено патентом на винахід.
7. На жаль у висновку 6 розділу 3 не описано методику, про яку стверджує автор. Скоріше використаний підхід, а не розроблена методика. Методика – як сукупність взаємозв'язаних способів та прийомів доцільного проведення будь-якої роботи не наведена, оскільки методика повинна мати сформульовану передумову, обґрунтування, повинна мати опис недоліків/переваг тощо.

Особлива мова, якщо це методика, - повинна бути інформація про її переваги стосовно точності, інформативності, об'єктивності.

8. Автором застосовано машинний переклад анотації на англійську мову. Це не впливає на наукову цінність роботи, але звертає на себе серйозну увагу.

9. Потребує уваги логіка викладання інформації та її послідовність. На наш погляд не можна відправляти дослідника (читача, що вивчає даний матеріал) на розділи, які наведено попереду і/або позаду роботи. Ця інформація є однозначно зайвою, оскільки її наявність наведено в змісті роботи.

10. Потребує пояснення поведінка фізичних величин на графіках, оскільки при цьому виникають питання їх адекватності (наприклад, $T_{\text{вг роб}}$ на графіках рис. 3.15.) на рисунках 4.11., 4.15., 4.19., 5.14., 5.15. Не зрозуміло падіння її значень в зоні $M_k=40$ Нм. Теж саме на рис. 3.16 в зоні 30 кПа. В роботі немає пояснень з цього приводу.

11. Підрозділ має незрозумілий зміст «5.1 Перевірка достовірності залежності індикаторного к.к.д. двигуна 6Ч9,5/6,98 від розрідження на впуску». Перевірка достовірності передбачає, як мінімум, наявність того що перевіряємо (є в заголовку) та наявність того відносно чого перевіряємо (еталону, зразка тощо). З наданого заголовку не зрозуміло, що передбачає робити автор в цьому розділі. 12. Звертає увагу на себе факт подачі не аргументованих чисельно висновків: «...Як видно з показаних графіків, залежності отримані розрахунками і результатами експерименту практично співпадають.», «...Розрахована і отримана в експерименті питомі ефективні витрати палива показані на рис. 5.6 практично співпадають...», «...процес у працюючих циліндрах одинаковий, тобто залежність середнього індикаторного тиску від розрідження p_i Δp_k однакова.» (цитати автора), що не може бути прийнятим в наукових дискусіях. Не зрозуміло як чисельно оцінено в роботі достовірність отриманих висновків.

13. Мають місце технічні, орфографічні, стилістичні помилки та недоліки оформлення, використовуються в тексті скорочення, яких немає в переліку скорочень, в формулах відсутня нумерація та посилання на рисунки в тексті. Опис рисунків не завжди відповідає ним. Застосовуються некоректні

фразеологізми: «економію витрат палива...», «...реалізацію можна здійснювати...», «...в містах і населених пунктах...», «...автомобілі мають значні викиди забруднюючих речовин...», «...частоти обертання автомобіля...», тощо.

Наведені зауваження по роботі в цілому носять рекомендаційний характер щодо доцільності проведення в майбутньому додаткових досліджень за темою і напрямом, що розглядаються. Вони не ставлять під сумнів вихідні наукові результати дослідження, які мають апробацію та впровадження.

Висновки

На підставі викладеного вважаю, що дисертаційна робота Ричка Сергія Олексійовича на тему «Поліпшення показників двигуна з іскровим запалюванням удосконаленням комбінованого методу регулювання потужності»:

1. Є самостійно виконаною, завершеною науково-дослідною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують конкретну наукову-практичну задачу поліпшення показників ДІЗ удосконаленням комбінованого методу регулювання його потужності.
2. За змістом та якістю теоретичних і методичних розробок відповідає рівню дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування».
3. Зважаючи на актуальність вирішених завдань, отриманих наукових висновків, теоретично обґрунтованих принципових наукових положень, використаних сучасних методів наукових досліджень та підтвердженої значимості, вважаю, що робота відповідає вимогам щодо дисертаційних робіт згідно Наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017.
4. Представлені до розгляду публікації, задовольняють вимогам п. 6-9 Постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44 «Порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про-

присудження ступеня доктора філософії», а її автор, Ричок Сергій Олексійович, заслуговує присвоєння наукового ступеня доктора філософи у галузі знань «Електрична інженерія» за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування».

Офіційний опонент
кандидат технічних наук,
доцент кафедри автомобілів
і транспортних технологій
Державного університету
«Житомирська політехніка»

Андрій ІЛЬЧЕНКО

