

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО СТАНУ ПОРШНЯ НА ПОКАЗНИКИ ДИЗЕЛЯ

Робота присвячена експериментальному дослідженню впливу регулювання інтенсивності масляного охолодження поршнів на паливну економічність дизеля та емісію шкідливих речовин з його відпрацьованими газами. Проаналізовано дані попередніх експериментальних та розрахункових досліджень в цьому напрямі. Описано експериментальний стенд та обрані цикли випробувань. Виявлено позитивний вплив регулювання теплового стану поршнів дизеля на викиди монооксидів вуглецю та сумарних оксидів азоту, а також на димність відпрацьованих газів. За результатами дослідження дані рекомендації щодо зниження паливної економічності та обрано напрямок подальших досліджень.

Вступ

В даний час широко застосовується масляне охолодження поршнів як спосіб зниження температур – максимальних і в зоні верхнього поршневого кільця. Однак, нерегульоване масляне охолодження поршнів разом з перевагами має ряд недоліків. Головний із них – переохолодження поршнів на номінальних, особливо при малих, навантаженнях. Це може призвести до збільшення відносних теплових втрат і погіршення сумішоутворення та повноти згоряння [1, 2].

Одним з напрямів покращення ефективності двигунів внутрішнього згоряння є раціональне регулювання їхнього теплового стану, в тому числі теплового стану поршнів (ТСП).

Результати роботи [3] показали, що відключення охолодження поршнів дизеля типу ЧН21/21 на режимах холостого ходу та малих навантажень призвело до покращення паливної економічності та знизило вміст продуктів неповного згоряння в відпрацьованих газах. Проведене індиціювання з подальшою обробкою індикаторних діаграм показало, що відключення охолодження поршнів призводить до скорочення періоду затримки спалахування та збільшення повноти згоряння.

Подібне дослідження було проведено на тепловозному дизелі 8ЧН26/26 зі складеними охолоджуваними поршнями [4]. Експлуатація на режимах номінальної потужності показала високу надійність поршнів, тому автори провели роботи по вивченню можливості відключення охолодження поршнів на часткових режимах. Цей захід призвів до зменшення питомої ефективної витрати палива на 4 г/кВт·год.

Відомі розрахункові дослідження [5-7], які показали відсутність негативного впливу регулювання ТСП на ресурс поршнів. Крім того, в [8] показано, що збільшення температури кромки камери згоряння поршня на часткових режимах при менших частотах обертання колінчастого валу дозволяє підвищити ресурсну міцність кромки практично в 2 рази.

Але комплексних експериментальних досліджень впливу регулювання ТСП на показники паливної економічності, екологічності та надійності дизелів до цього часу проведено не було.

Враховуючи все вищесказане, напрям досліджень слід вважати актуальним.

Метою даного дослідження є аналіз можливості покращення паливної економічності та зменшення викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами дизеля 4ЧН12/14 шляхом регулювання теплового стану його поршнів.

Об'єкт дослідження – автотракторний дизель 4ЧН12/14, установлений на моторний стенд та препарований термопарами на поршні, гільзі циліндра та вогневому днищі головки циліндрів. На дизелі використовуються поршні з покриттям корунду (Al_2O_3). За експериментальними даними [9] цей захід сприяє зменшенню димності відпрацьованих газів. Експериментальний стенд було дороблено: можливість регулювання подачі масла форсунками струминного охолодження поршнів забезпечувалась встановленням розроблених запірних органів в форсунки; для здійснення аналізу відпрацьованих газів у випускний колектор після турбокомпресора було введено зонд з газовідбірником.

Режими експериментального дослідження (табл. 1) обрано за циклом, який рекомендовано в [10].

Таблиця 1. Режими експериментального дослідження тракторного дизеля

| №№ режимів | Частота обертання колінчастого валу | Крутний момент |
|------------|-------------------------------------|-----------------|
| 1 | n_n | $M_{кр n}$ |
| 2 | n_n | $0,75 M_{кр n}$ |
| 3 | n_n | $0,5 M_{кр n}$ |
| 4 | n_n | $0,25 M_{кр n}$ |
| 5 | $0,85 n_n$ | $1,1 M_{кр n}$ |
| 6 | $0,85 n_n$ | $0,7 M_{кр n}$ |
| 7 | $0,85 n_n$ | $0,3 M_{кр n}$ |
| 8 | $n_x/\text{ходу min}$ | 0 |

Реєстрація досліджуваних показників здійснювалася при ustalених значеннях температур відпрацьованих газів і поршня та при неусталених значеннях температури масла.

Результати експериментального дослідження

За отриманими результатами встановлено (рис. 1), що відключення масляного охолодження поршнів дослідного двигуна призводить до збільшення температури стінки камери згоряння (КЗ) на $10 \div 13$ °C при $n = 1500$ хв⁻¹ та на $6 \div 15$ °C при $n = 1800$ хв⁻¹.

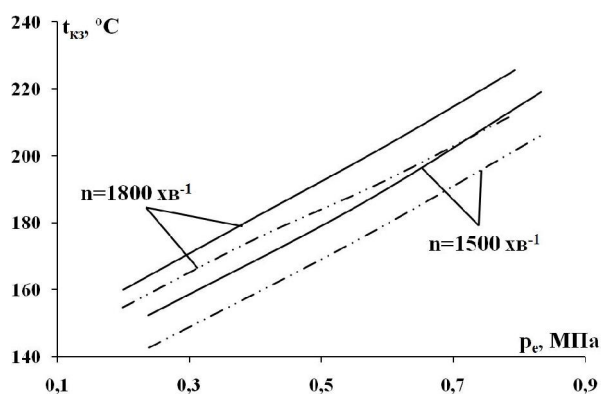


Рис. 1. Вплив масляного охолодження поршнів на температуру стінки камери згоряння:

— охолодження відключене;
 - - - - охолодження включене

При відключенні охолодження поршнів тепловідвід від поршнів в масло значно зменшується, особливо, при зростанні навантаження, тому рівень температур масла дещо знижується (рис. 2).

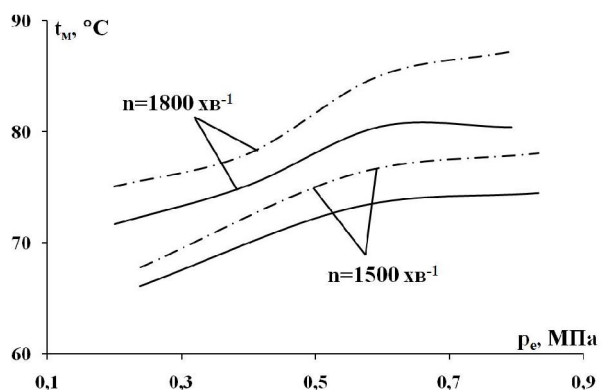


Рис. 2. Вплив масляного охолодження поршнів на температуру масла:

— охолодження відключене;
 - - - - охолодження включене

Останнє свідчить, що регулювання ТСП може супроводжуватися регулюванням інтенсивності

охолодження масла з метою підвищення його температур до таких, що відповідають оптимальній ділянці в'язкісно-температурної характеристики.

Дослідження показало, що зростання температури стінки КЗ, яке відбувається при відключенні масляного охолодження поршнів, позначається на питомій ефективній витраті палива (рис. 3) при її зменшенні на $1 \div 3$ г/кВт·год на часткових режимах.

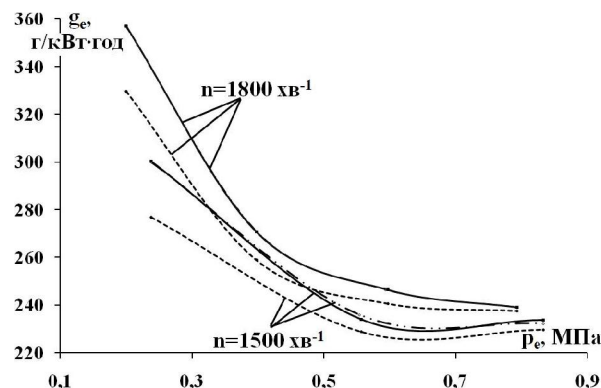


Рис. 3. Вплив масляного охолодження поршнів на питому ефективну витрату палива:

- - - - охолодження відключене;
 — охолодження включене;
 - - - - охолодження відключене (приведена)

Але приведення питомих витрат палива до ідентичних умов, яке враховувало вплив температури масла на механічні втрати в дизелі [11] показало значно більший ефект – $5 \div 22$ г/кВт·год при $n = 1500$ хв⁻¹ та $7 \div 28$ г/кВт·год при $n = 1800$ хв⁻¹.

Необхідно врахувати, що використання синтетичних та напівсинтетичних моторних мастил, в'язкість яких значно менше залежить від температури, приблизить питомі ефективні витрати палива до рівня приведених.

Дослідження емісії шкідливих речовин та димності відпрацьованих газів дизеля також виявило позитивний вплив регулювання ТСП.

Так, при $n = 1800$ хв⁻¹ спостерігається зменшення викидів монооксиду вуглецю (рис. 4, а) на $40 \div 90$ млн⁻¹ ($15,4 \div 30\%$), димності відпрацьованих газів (рис. 4, б) – на $0,6 \div 3,5\%$ на всьому діапазоні навантажувальної характеристики, викидів оксидів азоту (рис. 4, в) – на 140 млн⁻¹ (10%) на номінальному режимі.

При $n = 1500$ хв⁻¹ відключення охолодження поршнів призведе до зменшення викидів монооксиду вуглецю (рис. 4, а) на 40 млн⁻¹ ($12,6\%$) на часткових режимах та збільшення на 47 млн⁻¹ ($6,3\%$) на режимі максимального крутного моменту.

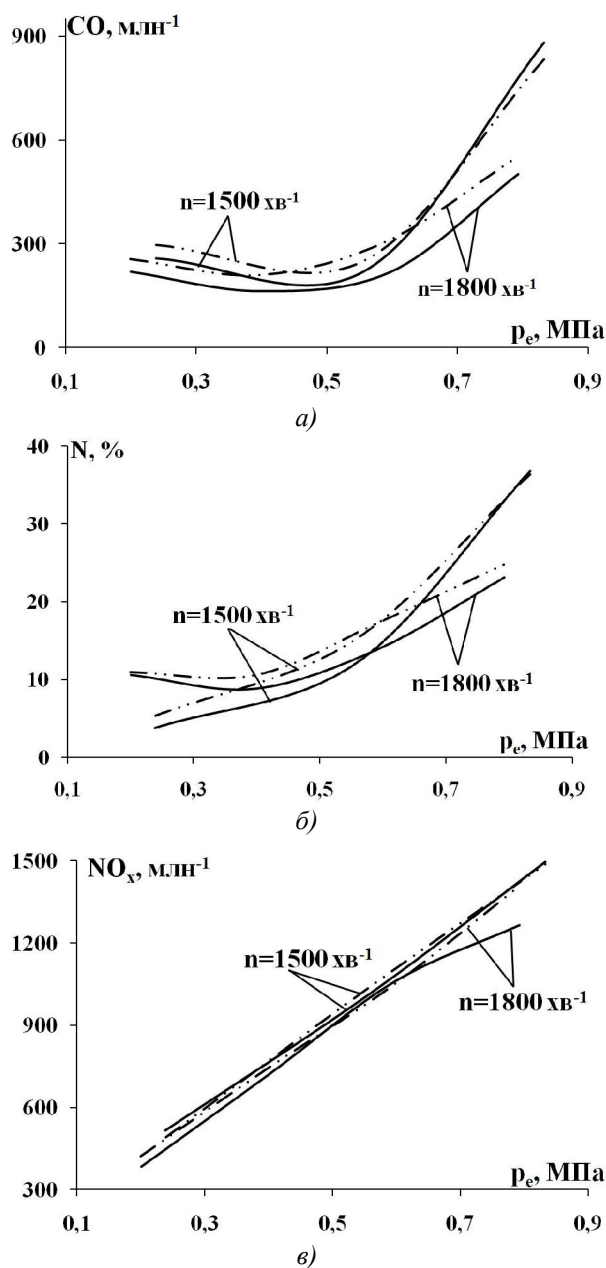


Рис. 4. Дослідження впливу теплового стану поршнів на екологічні показники дизеля:
 а) викиди монооксиду вуглецю; б) димність відпрацьованих газів; в) викиди сумарних оксидів азоту;
 ————— — охолодження відключене;
 - - - - - — охолодження включене

Рівень викидів сумарних оксидів азоту (рис. 4, в) практично не змінюється, а димність відпрацьованих газів (рис. 4, б) зменшується на 6% на часткових режимах при однаковому рівні на режимі максимального крутного моменту.

Висновки

За результатами проведеного експериментального дослідження можна зробити висновок, що

зменшення інтенсивності струминного охолодження поршнів має позитивний вплив на показники паливної економічності та екологічності дизеля в усьому діапазоні його навантаження. Однак, з урахуванням [8] цей захід сприятиме покращенню надійності поршня тільки на часткових швидкісних та навантажувальних режимах роботи дизеля.

Отримані експериментальні дані дозволяють реалізувати подальший напрям робіт, який направлено на максимальне покращення екологічності дизеля шляхом збільшення температури поверхні камери згоряння поршня за умови забезпечення достатнього рівня ресурсної міцності конструкції.

Список літератури:

1 Минак А.Ф. Улучшение показателей форсированного тракторного дизеля путем регулирования масляного охлаждения поршней: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.04.02 «Тепловые двигатели» / А.Ф. Минак – Харьков, 1982. – 21 с. 2. Кареньков А.В. Влияния интенсивности масляного охлаждения на тепловое состояние поршней ДВС: дис. канд.техн.наук: 05.04.02 / Кареньков Алексей Вячеславович. – М., 2006. – 134 с. 3. Вейнблат М.Х. Отключение охлаждения поршней на частичных режимах – резерв улучшения эксплуатационных показателей форсированного турбопоршневого дизеля. / М.Х. Вейнблат, В.Ю.Быков // Двигателестроение. – 1985. – № 6. – С. 20–21. 4. Ибрагимов С.А. Исследование температурного состояния составного поршня дизелей 8ЧН26/26 / С.А. Ибрагимов, А.В. Касьянов, Г.Б. Розенблит // НИИИНФОРМТЯЖМАШ, реферативная информация, Двигатели внутреннего сгорания. – М. – 1981. – №17. – С. 1-4. 5. Матвеевко В.В. Влияние регулируемого струйного масляного охлаждения поршня на ресурсную прочность кромки его камеры сгорания // В.В Матвеевко., В.Т. Турчин, В.А. Пылев, В.Т. Коваленко, С.В. Обозный, И.А. Нестеренко // Вісник національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск «Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів». - Харків: НТУ «ХПІ». – 2011. – №21. – С. 29–33. 6. Матвеевко В.В. Оценка влияния двухступенчатого масляного охлаждения поршня на его ресурсную прочность // В.В. Матвеевко, В.А. Пылев, В.Т. Коваленко, И.А. Нестеренко // Решение энергоекологических проблем в автотранспортном комплексе: науч-техн. конф. 5-е Луканинские чтения, 14 марта, 2011 г.: тезисы докл. – М.:МАДИ. – 2011. – С. 137. 7. Пильов В.О. Попередня оцінка резервів підвищення ресурсної міцності поршня при використанні систем автоматичного регулювання його масляного охолодження / В.О. Пильов, О.М. Клименко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування. – X. : НТУ «ХПІ». – 2014. – № 14 (1057). – С. 83–88. 8. Матвеевко В.В. Оцінка ресурсної міцності поршня у САПР з урахуванням експлуатаційних режимів роботи двигуна / В.В. Матвеевко, В.О. Пильов, О.М. Клименко, А.А. Котуха // Двигуни внутрішнього згоряння. – 2012. – №1. – С. 120–123. 9. Парсаданов І.В. Оцінка впливу гальваноплазменного покриття поршня на викиди твердих часток з відпрацьованими газами дизеля / І.В. Парсаданов, А.П. Полив'ячук // Двигуни внутрішнього згоряння. – 2009. – №2. – С. 94-

96. 10. Парсаданов И.В. Повышение качества и конкурентоспособности дизелей на основе комплексного топливно-экологического критерия: монография – Х.: НТУ «ХПИ». – 2003. – 244 с. 11. Белик С.Ю. Оценка механических потерь автотракторных дизелей с газотурбинным наддувом: дисс. канд. техн. наук: 05.05.03 / Белик Сергей Юрьевич. – Харьков. – 2013. – 178 с.

Bibliography (transliterated):

1 Mynak A.F. Uluchshenye pokazatelej forsyrovannogo traktornogo dyzelja putem regulirovannya masljanogo ohlazhdenija porshnej: avtoref. dys. na soyskanye uchenoj stepeny kand. tehn. nauk: spec. 05.04.02 «Тепловые двигатели» / A.F. Mynak – Har'kov, 1982. – 21 s. 2. Karen'kov A.V. Vlyjanyja yntensyvnyosti masljanogo ohlazhdenija na teplovoe sostojanye porshnej DVS: dys. kand.tehn.nauk: 05.04.02 / Karen'kov Aleksej Vjacheslavovych. – M., 2006. – 134 s. 3. Vejnblat M.X. Otkljuchenyje ohlazhdenija porshnej na chastychnyh rezhymah – rezerv uluchshenija ekspluatacyonnyh pokazatelej forsyrovannogo turboporshnevoego dyzelja. / M.X. Vejnblat, V.Ju. Bykov // Dvygatelstrojenje. – 1985. – № 6. – S. 20–21. 4. Ybragymov S.A. Yssledovanye temperaturного sostojannya sostavnogo porshnja dyzelej 8ChN26/26 / S.A. Ybragymov, A.V. Kas'janov, G.B. Rozenb-lyt // NYNYFORMTJaZhMASH, referatyvnaja ynfarmacyja, Dvygately vnutrennego sgoranyja. – M. – 1981. – №17. – S. 1-4. 5 Matveenko V.V. Vlyjanye regulirovannogo strujnogo masljanogo ohlazhdenija porshnja na resursnuju prochnost' kromky ego kamery sgoranyja // V.V. Matveenko., V.T. Turchyn, V.A. Pylev, V.T. Kovalenko, S.V. Oboznyj, Y.A. Nesterenko

// Visnyk nacional'nogo tehničnogo universytetu «Harkiv's'kyj politehničnyj instytut». Zbirnyk naukovykh prac'. Tematychnyj vypusk «Innovacijni doslidzhennja u naukovykh robotah studentiv». – Harkiv: NTU «HPI». – 2011. – №21. – S. 29–33. 6. Matveenko V.V. Ocenka vlyjanyja dvuhstupenchatogo masljanogo ohlazhdenija porshnja na ego resursnuju prochnost' // V.V. Matveenko, V.A. Pylev, V.T. Kovalenko, Y.A. Nesterenko // Reshenija energoekologičeskykh problem v avtotransportnom komplekse: nauch-tehn. konf. 5- e Lukanyns'ke chtenija, 14 marta, 2011 g.: tezysy dokl. – M.:MADY. – 2011. – S. 137. 7. Pyl'ov V.O. Poperednja ocinka rezerviv pidvyshhennija resursnoi' micnosti porshnja pry vykorystanni system avtomatичnogo regulirovannya jogo masljanogo oholodzhennja / V.O. Pyl'ov, O.M. Klymenko // Visnyk NTU «HPI». Serija: Transportne mashynobuduvannya. – H. : NTU «HPI». – 2014. – № 14 (1057). – S. 83–88. 8. Matvejenko V.V. Ocinka resursnoi' micnosti por-shnja u SAPR z urahuvannjam ekspluatacijnyh rezhymiv roboty dvyguna / V.V. Matvejenko, V.O. Pyl'ov, O.M. Klymenko, A.A. Kotuha // Dvyguny vnutrishn'ogo zgorjannja. – 2012. – №1. – S. 120–123. 9. Parsadanov I.V. Ocinka vplyvu gal'vanoplazmennogo pokrytja porshnja na vykydy tverdyh chastok z vidprac'ovanymy gazamy dyzelja / I.V. Parsadanov, A.P. Polyv'janchuk // Dvyguny vnutrishn'ogo zgorjannja. – 2009. – №2. – S. 94-96. 10. Parsadanov Y.V. Povyshenye kachestva y konkurentosposobnosti dyzelej na osnove kompleksnogo toplivno-ekologičeskogo kryterija: monografija – H.: NTU «HPY». – 2003. – 244 s. 11. Belyk S.Ju. Ocenka mehanyčeskykh poter' avtotraktornyh dyzelej s gazoturbinnym nadduvom: dys. kand. tehn. nauk: 05.05.03 / Belyk Sergej Jur'evyč. – Har'kov. – 2013. – 178 s.

Поступила в редакцию 02.07.2014

Пильов Володимир Олександрович – доктор техн. наук, професор, в. о. зав. кафедри двигуни внутрішнього згорання Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, e-mail: dvs@kpi.kharkov.ua.

Клименко Олександр Миколайович – аспірант кафедри двигуни внутрішнього згорання Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, e-mail: klim23051987@rambler.ru.

Обозний Сергій Володимирович – науковий співробітник кафедри двигуни внутрішнього згорання Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ПОРШНЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ДИЗЕЛЯ

В.А. Пылев, А.Н. Клименко, С.В. Обозный

Работа посвящена экспериментальному исследованию влияния регулирования интенсивности масляного охлаждения поршней на топливную экономичность дизеля и эмиссию вредных веществ с его отработавшими газами. Проанализированы данные предшествующих экспериментальных и расчетных исследований в этом направлении. Описан экспериментальный стенд и выбраны циклы испытаний. Выявлено положительное влияние регулирования теплового состояния поршней дизеля на выбросы монооксида углерода и суммарных оксидов азота, а также на дымность отработавших газов. По результатам исследования даны рекомендации по снижению топливной экономичности и выбрано направление дальнейших исследований.

EXPERIMENTAL STUDY OF INFLUENCE OF PISTON THERMAL STATE REGULATION FOR DIESEL ENGINE PARAMETERS

V. Pyl'ov, O. Klymenko, S. Oboznyj

The paper is devoted to experimental investigation of the influence of regulation the pistons oil cooling intensity for diesel fuel economy and emissions of harmful substances from its exhaust gases. Data from previous experimental and theoretical research in this direction was analyzed. Experimental stand and test cycles was selected are described. The positive impact of the piston thermal state regulation for carbon monoxide and total nitrogen oxides emissions, as well as to smoke in exhaust gases was detected. The study provides recommendations to reduce fuel economy and further research direction is selected.