

О.В. МАТЮХА, студент, НТУ «ХПІ»,
В.О. ПИЛЬОВ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»,
В.В. МАТВЄЄНКО, інженер, НТУ «ХПІ»,
В.Т. ТУРЧИН, інженер, НТУ «ХПІ»

РОЗРОБКА НАПРЯМІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАСЛЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ

В статті приведений аналіз ефективності методів охолодження поршнів маслом, запропоновані напрями підвищення ефективності масляного охолодження. Показано, що вирівнювання температурного поля в коловому напрямку кромки камери згорання дозволяє зменшити теплонапруженість поршня

В статье проведен анализ эффективности методов охлаждения поршня маслом, предложены направления повышения эффективности масляного охлаждения. Показано, что выравнивание температурного поля в круговом направлении кромки камеры сгорания позволяет уменьшить тепловую нагрузку на поршень

In article the resulted analysis efficiency methods of cooling by the oil, the offered directions increase of efficiency oil cooling. The resulted method on alignment a temperature field in a district direction of an edge the chamber combustion allows to reduce thermal stress of the piston

Постановка проблеми. В даний час до сучасних двигунів висувуються суттєво високі вимоги щодо рівня ефективної потужності, залишаючи при цьому незмінними масогабаритні показники. Це, відповідно, приводить до збільшення рівня теплонапруженості деталей циліндро-поршневої групи.

Поршневий вузол є найбільш відповідальним елементом двигуна, який працює в умовах великих динамічних термомеханічних навантажень. Більше половини аварій та зупинок двигунів мають місце внаслідок порушення нормального функціонування поршня та його складових [1]. Таким чином, підвищення рівня форсування двигуна за літровою потужністю практично завжди веде до зменшення ресурсу і надійності поршня та двигуна в цілому, суттєво зростають труднощі щодо створення надійної конструкції поршня.

Для збереження надійності двигуна виникає необхідність у зниженні температур і термічних напруг в тілі поршня, наприклад застосуванням масляного охолодження.

Аналіз досліджень та публікацій.

Розрізняють три способи охолодження поршня маслом [1,2]: обприскуванням; циркуляцією із збовтуванням; циркуляцією масла в каналах поршня.

Для кожного способу охолодження існує оптимальне прокачування масла, при якому досягається найбільший ефект охолодження: при обприскуванні – 6 л/(кВт·год); при збовтуванні – 1,5÷2 л/(кВт·год); при циркуляції – 2÷3 л/(кВт·год).

Значний ефект отримується при охолодженні поршня методом обприскування (струминного охолодження), поданого на рисунку а. При русі поршня до НМТ швидкості струменя масла й поршня підсумовуються, та ефект охолодження збільшується. При русі поршня до ВМТ швидкості масла і поршня віднімаються, тому струмінь не може наздогнати поршень. В такому разі охолодження поршня припиняється. Вказаний спосіб охолодження використовується у разі невисокого рівня форсування дизеля.

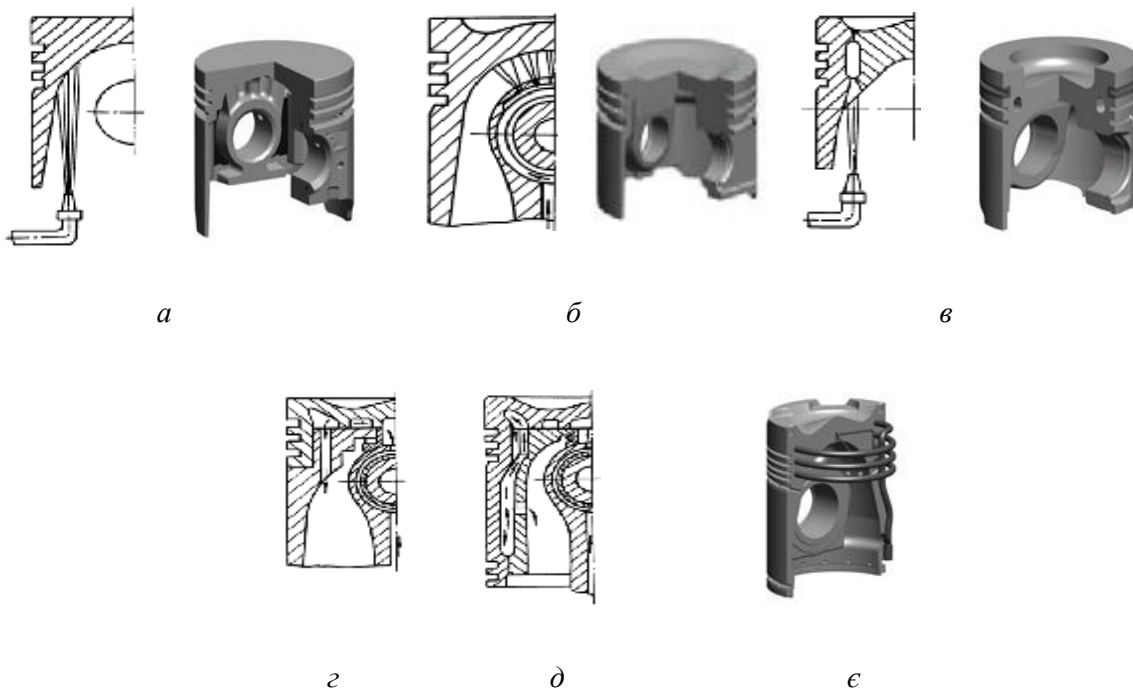


Рисунок – Способи охолодження поршня: *а, б* – обприскуванням крізь окремо вставлене сопло або крізь шатун; *в, з, д* – циркуляцією у каналах із збовтуванням; *е* – циркуляцією

Спосіб охолодження поршня обприскуванням крізь шатун (рисунок б) не потребує значних конструктивних заходів для розташування сопел, потребує менших прокачувань масла у зв'язку з незмінністю відстані від верхньої головки шатуну до поршня, але може бути реалізована при достатніх розмірах і

міцності шатуна. Водночас така подача масла пов'язана із труднощами його доставки до головки шатуна при збільшенні частоти обертання колінчастого вала. При охолодженні методом збовтування (рисунок в) масло подається у порожнину поршня крізь сопло, аналогічно до струминного охолодження. Також є спосіб охолодження складеного поршня з подачею масла в порожнину крізь шатун (рисунок г). Тут також виникають труднощі доставки масла до головки шатуна. Додатковий ефект охолодження досягається при циркуляції масла з його збовтуванням вздовж юбки поршня (рисунок д). Масло, проходячи шлях від центра до периферії, зливається не до картера, а в порожнину в зоні юбки. Рівень масла у порожнині визначається положенням зливного отвору. Під дією сил інерції масло рухається з більшим прискоренням й удається в головку. Сума наведених факторів визначає ефект охолодження. Широке розповсюдження серед поршнів з масляним охолодженням отримала конструкція із залитими металевими трубками у вигляді змієвика в тілі поршня, по яких циркулює охоложене масло, що подається через систему отворів у шатуні, поршневому пальці й бобишках поршня (рис. е). Така конструкція потребує достатнього місця для встановлення трубки в тілі поршня. Ефективність охолодження залежить від площі поверхні трубки, яка омивається маслом, термічного опору трубки й зони контакту її з матеріалом поршня, витратою масла. До недоліків останнього способу відносяться також технологічні труднощі, пов'язані із забезпеченням якісного з'єднання матеріалу трубки з матеріалом поршня при литті заготовки та збереженням надійного контакту при тривалій роботі між трубкою та матеріалом поршня двигуна в умовах змінних теплових і механічних навантажень.

Аналіз відомих конструкцій сучасних ДВЗ [1,3] показує, що серед розглянутих методів охолодження поршня найбільш вживаним (з урахуванням сукупності їх переваг та недоліків) є циркуляція збовтуванням. При цьому, для інтенсифікації масляного охолодження поршня в порожнині необхідно виконати оптимізацію прокачування масла в порожнині [4]. Водночас відомо, що сукупність різноманітних методів інтенсифікації масляного охолодження може дозволити збільшити коефіцієнт тепловіддачі в масло до 12-ти разів [5].

Тому, **метою** подальших робіт слід вважати підвищення масляного охолодження поршня при існуючих обмеженнях тепловідводу в масло.

Виконаний аналіз засвідчує, що відомі методи зменшення теплонапруженості поршня не враховують нерівномірність теплопідведення та рівномірність тепловідведення в коловому напрямі масляної порожнини. В наслідок

цього виникають окружні термічні напруження, які для високофорсованих дизелів є фактором зменшення ресурсної міцності поршня.

Для зниження термічного навантаження поршня в цілому потрібно здійснити оптимізацію температурного стану робочої поверхні поршня шляхом мінімізації температур в зоні кромки камери згоряння і верхнього поршневого кільця, а також теплоперепаду між кромкою і периферією вогневої поверхні днища поршня. В зоні верхнього поршневого кільця і внутрішньої поверхні порожнини температура не повинна перевищувати гранично допустиму величину за умовою відсутності коксування масла. З урахуванням вказаного, для зменшення окружних напружень в роботі визначено напрям підвищення ефективності масляного охолодження, який полягає в неоднаковій інтенсивності тепловідведення в масло у різних частинах порожнини. Це дозволяє здійснити вирівнювання температурного поля в коловому напрямку кромки камери згоряння і тим самим зменшити теплонапруженість поршня. Вказане вирівнювання температурного поля може бути реалізовано різною витратою масла в різних частинах порожнини, різною інтенсивністю збовтування, та різною інтенсивністю тепловідведення до порожнини. На цій основі розроблено нову конструкцію поршня, на яку подано заявку на патент.

Висновки. Для зменшення окружних напружень, в роботі визначено напрям підвищення ефективності масляного охолодження, який полягає в неоднаковій інтенсивності тепловідведення в масло у різних частинах порожнини, що дозволяє здійснити вирівнювання температурного поля в зоні кромки камери згоряння та підвищити надійність конструкції. Подальший напрям робіт пов'язаний з оптимізацією конструкції масляної порожнини поршня.

Список літератури: **1.** Двигуни внутрішнього згоряння: підручник у 6 томах / [Рязанцев М.К., Шеховцов А.Ф., Марченко А.П.] – Х: НТУ «ХП», 2004. – Т.1. – 2007. – 491 с. **2.** Двигатели внутреннего сгорания: Конструирование и расчёт на прочность поршневых и комбинированных двигателей / [Вырубов Д.Н., Ефимов С.И., Иващенко Н.А. и др.]; под ред. Орлина А.С., Круглова М.Г. – М.: Машиностроение, 1984. – 384 с. **3.** Klaus Mollenhauer. Handbuch dieselmotoren / Klaus Mollenhauer, Helmut Tschöke// Springer, Berlin. – 2007. – 580 s. **4.** Hidehiko Kajiwara. An analytical approach for prediction of piston temperature distribution in diesel engines / Hidehiko Kajiwara, Yukihiro Fujioka, Tatsuya Suzuki, Hideo Negishi// – 2002. № 23. – p. 429–434. **5.** Розенблит Г.Б. Теплопередача в дизелях / Розенблит Г.Б. – М.: Машиностроение, 1977. – 216 с.

Надійшла до редколегії 01.02.10