

УДК 536.24: 621/43

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3\(34\).266-274](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3(34).266-274)

В.А. Сиволапов, ст. викл., **А.В. Новицький**, доц., канд. техн. наук,
В.С. Хмельовський, доц., д-р техн. наук, **О.М. Бистрий**, ст. викл.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ,
Україна*

e-mail: 0507425963@ukr.net, Novytskyu@nubip.edu.ua

Дослідження процесу теплопередачі в циліндрах двигуна внутрішнього згоряння

В статті проведено аналіз наукових публікацій і літературних досліджень процесів теплопередачі в циліндрах двигунів внутрішнього згоряння. Представлено дослідження температурних полів в двигунах під час їх роботи на різних режимах з використанням програмного комплексу та розрахункового модуля. Проаналізовано результати моделювання та проведення термометрування в однорідній і пластинуваній гільзах циліндрів двигунів. Приведено графічні залежності та розподіл температури по товщині стінки циліндра під час максимальної і мінімальної температури на поверхні циліндра.

На основі досліджень встановлено, що при пластинуванні і запресуванні вставки температурні поля в циліндрі двигуна змінюються, підвищується температура на внутрішній поверхні циліндра при пластинуванні на 6,5 °С, а при запресуванні – на 4,5 °С. Це пояснюється тим, що контактний шар при пластинуванні знаходиться в зоні нестационарного режиму, а при запресуванні контактний шар знаходиться в зоні стаціонару і, таким чином, збільшує товщину циліндра на 2 міліметри. Встановлено, що різниця мінімальної і максимальної температур на внутрішній поверхні циліндра практично залишається такою ж як у однорідного циліндра.

двигун, гільза, ремонт, відновлення, пластинування, теплопередача

В. А. Сиволапов, ст. препод., **А. В. Новицький**, доц., канд. техн. наук, **В.С. Хмельовський**, доц., д-р техн. наук, **А. Н. Быстрый**, ст. препод.

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, Украина

Исследование процесса теплопередачи в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания

В статье проведен анализ научных публикаций и литературных исследований процессов теплопередачи в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания. Представлены исследования температурных полей в двигателях во время их работы на различных режимах с использованием программного комплекса и расчетного модуля. Проанализированы результаты моделирования и проведения термометрирования в однородной и пластинированной гильзах цилиндров двигателей. Приведены графические зависимости и распределение температуры по толщине стенки цилиндра при максимальной и минимальной температуре на поверхности цилиндра.

На основании исследований установлено, что при пластинировании и запрессовке вставки температурные поля в цилиндре двигателя меняются, повышается температура на внутренней поверхности цилиндра при пластинировании на 6,5 °С, а при запрессовке – на 4,5 °С. Это объясняется тем, что контактный слой при пластинировании находится в зоне нестационарного режима, а при запрессовке контактний слой находится в зоне стационара и, таким образом, увеличивает толщину цилиндра на 2 миллиметра. Установлено, что разница минимальной и максимальной температур на внутренней поверхности цилиндра практически остается такой же как у однородного цилиндра.

двигатель, гильза, ремонт, восстановление, пластинирование, теплопередача

Постановка проблеми. Рівень надійності мобільних енергетичних засобів забезпечується не тільки конструктивними та технологічними, але й експлуатаційними методами, які ґрунтуються на стратегіях технічного обслуговування і ремонту [1, 7].

© В.А. Сиволапов, А.В. Новицький, В.С. Хмельовський, О.М. Бистрий, 2020

Останнім часом на мобільних енергетичних засобах вітчизняного і зарубіжного виробництва все частіше встановлюються двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ), блоки циліндрів яких виготовлені з алюмінієвих сплавів. Для одних моделей ДВЗ заводами-виробниками передбачена можливість відновлення зношених поверхонь циліндрів, а для інших – ні. В той же час, відновлення блоків циліндрів дозволяє не тільки відновлювати працездатність ДВЗ, але й використовувати їх залишковий ресурс. В результаті цього забезпечується економія матеріальних, енергетичних і трудових витрат.

Технологія відновлення блоків циліндрів ДВЗ з алюмінієвих сплавів постановкою ремонтних чавунних гільз все частіше застосовується в ремонтній практиці, але її широке використання стримується відсутністю обґрунтованих рекомендацій щодо вибору значень технологічних параметрів з'єднання «гільза-блок циліндрів». В останні десятиліття одним із ефективних методів відновлення деталей ДВЗ постановкою додаткових елементів є метод пластинування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз конструкцій блоків циліндрів сучасних ДВЗ показує, що конструктивне виконання окремих елементів блоків, особливо циліндрів і поверхні прилягання до голівки блоку циліндрів значною мірою визначає причини виходу з ладу ДВЗ і характер пошкоджень деталей.

Розробці та вдосконаленню способів відновлення циліндрів ДВЗ присвячені роботи багатьох вчених. Опубліковані в літературі рекомендації щодо вибору значень технологічних параметрів мають загальний характер і не завжди належним чином обґрунтовані [5, 6, 8]. При відновленні блоків циліндрів з постановкою ремонтних чавунних гільз вноситься суттєва зміна в конструкцію циліндрів, змінюється їх теплова провідність і жорсткість [5].

В статті [3] розглянуті деякі аспекти технології відновлення деталей способом пластинування. Вказаний спосіб дозволяє багаторазово відновлювати роботоздатність деталей, має менші показники енерговитрат порівняно з іншими способами відновлення на номінальний розмір. На підставі проведеного математичного моделювання процесу поверхнево-пластичного деформування додаткової деталі – згортної втулки, виявлені параметри відновлення деталей відповідно нормативно-технологічної документації; визначені оптимальні значення параметрів робочого інструмента, отримана номограма, що спрощує вибір вказаних параметрів на прикладі ремонту гільз дизельних ДВЗ.

В наукових матеріалах [2] запропоновано удосконалити вказаний метод відновлення посадочних діаметрів опорних поверхонь, що полягає у встановленні на зношену поверхню металевої гофрованої аплікаційної листової вставки з необхідними міцністними характеристиками і геометрією, що забезпечують задані умови роботи рухомого з'єднання. В дослідженнях [2] авторами використано елементи технології розклатки листової вставки на поверхню деталі з попередньою нарізаною гвинтовою канавкою.

В науковій роботі [9] запропоновано новий метод захисту від корозії і ремонту виробів з внутрішніми поверхнями поверхонь типу тіл обертання. З цією метою використовується метод пластинування. Розроблено методику визначення основних параметрів технологічного процесу.

Слід зазначити, що технологічні рекомендації щодо пластинування поверхонь корпусних деталей наведені в багатьох наукових роботах [2-4, 8], але питання математичного моделювання процесів пластинування внутрішніх циліндричних поверхонь гільз ДВЗ ще розкриті недостатньо, тому є актуальними і потребують подальших досліджень.

Постановка завдання. Метою представленої статті є:

- дослідження температурних полів в ДВЗ під час їх роботи на різних режимах з використанням програмного комплексу та розрахункового модуля;
- проведення термометрування в однорідній і пластинованій гільзах циліндрів ДВЗ.

Виклад основного матеріалу. Дослідження процесу теплопередачі в циліндрах ДВЗ проводяться для вирішення завдань, які пов'язані із дослідженням процесів тепломасопереносу (ТМП), за допомогою розробленого програмного комплексу. Вказаний комплекс дослідження процесів ТМП складається з інтегральної оболонки і набору розрахункових модулів [11]. Для представленого програмного комплексу розроблено розрахунковий модуль для дослідження температурних полів в ДВЗ під час їх роботи на різних режимах. Програмою реалізується циклічне завдання результуючої за теплопередачею температури газів під час робочого ходу і вихлопу з боку камери згоряння t_P і результуючої температури горючої суміші під час всмоктування і стиснення t_B , яка фіксується на кордоні моделі на час Δt .

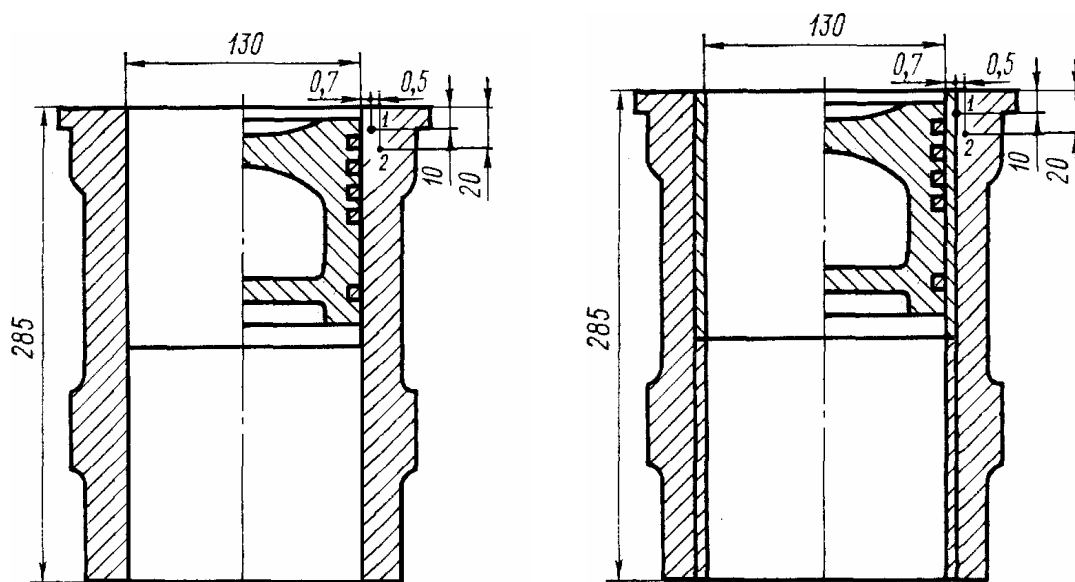


Рисунок 1 – Розміщення термопар при термометруванні гільзи циліндрів

Джерело: розроблено авторами

В статті [4] наведені дані безпосереднього вимірювання температур в однорідному і пластинованому (зі вставленої ремонтною вкладкою) гільзах циліндрів ДВЗ ЯМЗ-238. Вимірювання проводились з використанням хромель-нікелевих термопар, вмонтованих в гільзу за схемою, показаної на рис. 1.

Середня температура в точці 1 для однорідного циліндра дорівнює $t = 156^\circ\text{C}$, для пластинованого $t = 147^\circ\text{C}$. Для пластинованого циліндра $t = 162^\circ\text{C}$ і 150°C . Наведено ці значення середніх температур при кількості оборотів $n = 2000$ об/хв. та номінальній потужності $N = 100\%$.

На початку будемо вирішувати одновимірну нестационарну задачу процесу теплопровідності в стінці циліндра двигуна, що працює при номінальній потужності для варіанту – однорідна стінка циліндра двигуна. Цей процес описується одновимірним рівнянням теплопровідності:

$$\lambda_3 \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} = c_3 \rho_3 \frac{\partial t}{\partial \tau}; \quad (1)$$

де λ – теплопровідність;
 $c \cdot \rho$ – об'ємна теплоємність;
 t – температура;
 τ – час,
 x – поточна координата.

Крок по координаті x був прийнятий 0,0001 м. Товщина стінки циліндра дорівнює 0,008 м. Крок за часом був прийнятий $\Delta\tau = 0,015$ с (половина обороту двигуна при $n = 2000$ мін/об).

Коефіцієнт теплопровідності чавуну $\lambda = 60$ Вт/м.град [4]. Коефіцієнт об'ємної теплоємності $c \cdot \rho = 4200000$ Вт с /м³ град.

В роботі [10] наведені граничні умови, отримані на підставі розрахунку, експерименту і літературних джерел, які ми використовуємо при моделюванні для отримання першого наближення.

Результуюча по теплопередачі температура газів з боку камери згоряння за такт робочого ходу і випуску - 800 °С; результуюча по теплопередачі температура газів при впуску і стиску - 60 °С; температура охолоджуючої води в кришці циліндра - 90 °С; коефіцієнт тепловіддачі від газів до днища кришки. в камері згоряння - 330 ккал/м² ч град.

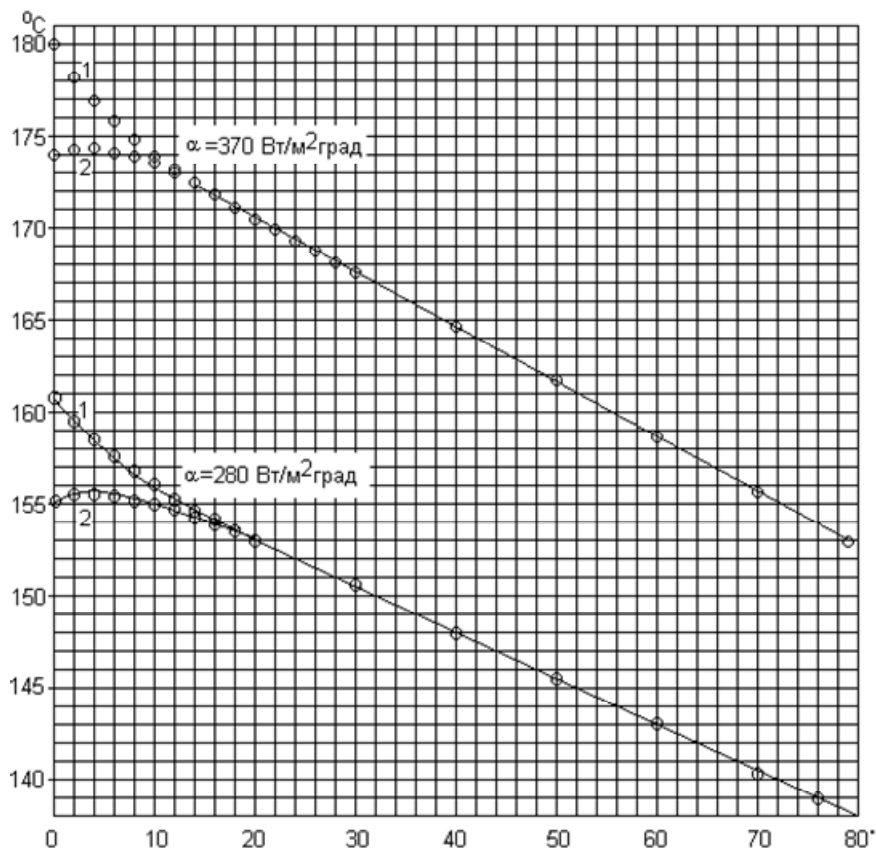
Завдання вирішувалася до встановлення квазістаціонарного режиму. Результати рішення наведені на рис. 2 ($\alpha=370$ Вт/м²·град). З рис. 2 бачимо, що значення температури, отримане методом моделювання, перевищує значення температури, отримане в результаті термометрування. Це можна пояснити тим, що коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої стінки циліндра менше, ніж від днища.

Визначимо коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої стінки циліндра. Для цього, змінюючи значення коефіцієнта тепловіддачі α , будемо вирішувати завдання до тих пір, поки в квазістаціонарному режимі середнє значення температури в точці 1,2 мм, отримане методом моделювання, не буде співпадати із значенням температури, отриманої методом термометрування. Значення $\alpha=280$ Вт/м²·град і буде шуканим значенням коефіцієнта тепловіддачі при прийнятому нами значенні результуючої по тепловіддачі температури 800 °С.

Після визначення коефіцієнта тепловіддачі від внутрішньої поверхні циліндра ДВЗ ми можемо визначити значення коефіцієнта теплопровідності контактного шару λ_k .

Прийнято вважати, що тепло від однієї дотичної поверхні до іншої передається тільки теплопровідністю через місця безпосереднього контакту і через прошарок середовища. Відповідно термічний опір контакту буде визначатися, за двома величинами – термічним опором безпосереднього металевого контакту R_m і термічним опором середовища R_c .

У ряді робіт робиться спроба з урахуванням умов теплообміну в турбінах розрахувати зазначені термічні опору аналітичним шляхом і дати залежності, ґрунтуючись на результатах дослідження контакту шорстких поверхонь з урахуванням їх мікрогеометрії і міцності матеріалу дотичних тіл.



1 - під час максимальної температури на поверхні циліндра, 2 - під час мінімальної температури

Рисунок 2 – Розподіл температури по товщині стінки циліндра ДВЗ

Джерело: розроблено авторами

Слід зазначити, що для поршневих ДВЗ запропоновані формули вимагають уточнення, тому що розрахункові значення термічних опорів контакту виходять приблизно на порядок нижче фактичних. Цей висновок вказує на те, що процес проходження тепла через контакт має, можливо, більш складну природу і не може бути описаний залежностями, виведеними при допущенні про поділ теплових потоків обернено пропорційно відношенню термічного опору середовища і місць безпосереднього контакту.

Виходячи з представленого вище аналізу та висновків, будемо вирішувати одновимірну задачу теплопровідності для пластинованого циліндра.

Процес теплопровідності для цього випадку описується системою одновимірних рівнянь в приватних похідних параболічного типу:

$$\lambda_1 \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} = c_1 \rho_1 \frac{\partial t}{\partial \tau}; \quad (1)$$

$$\lambda_2 \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} = c_2 \rho_2 \frac{\partial t}{\partial \tau}; \quad (2)$$

$$\lambda_3 \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} = c_3 \rho_3 \frac{\partial t}{\partial \tau}; \quad (3)$$

де індекси $i = 1 - 3$ означають: $i = 1$ – матеріал циліндра (1), $i = 2$ – матеріал пластини (2), $i = 3$ - міжконтактне середовище між гільзою і циліндром (3);

λ ($i = 1, 2, 3$) – теплопровідність;
 $c \cdot \rho$ ($i = 1, 2, 3$) – об'ємна теплоємність.

На границях областей були прийняті граничні умови IV роду. При щільному контакті пластини і стінки циліндра з урахуванням близьких коефіцієнтів теплопровідності вуглецевої сталі ($\lambda=52$ Вт/м.град), з якої виготовляють пластини товщиною 0,7 мм, і чавуну, з якого виготовляють гільзи циліндрів, умовно можна було б вважати однорідною стінкою. Однак різниця температур в пластинованій і однорідній гільзах 6 °С в точці 0,7 мм від поверхні циліндра вказує на відсутність щільного контакту.

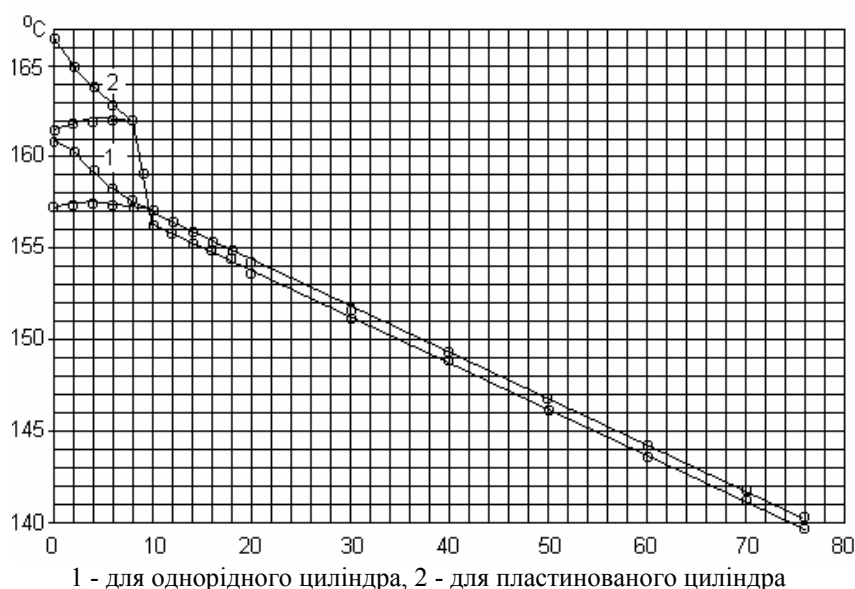


Рисунок 3 - Розподіл температури по товщині стінки циліндра ДВЗ

Джерело: розроблено авторами

При вирішенні задачі теплопровідності для пластинованого циліндра перші сім вузлів $\lambda = 52$ Вт/м·град в восьмому вузлі, який знаходиться на відстані 7,5 мм від поверхні циліндра, введемо коефіцієнт контактного шару λ_k . В інших вузлах $\lambda = 60$ Вт/м·град (коефіцієнт теплопровідності чавуну).

Виходячи з наведеного, вирішуючи завдання з тими ж граничними умовами, до встановлення квазістаціонарного режиму, змінюємо значення коефіцієнта теплопровідності контактної шару λ_k до тих пір, поки не доб'ємося збігу значення температури в точці 0,75 мм, отриманого методом термометрування на працюючому двигуні, із середнім значенням температури в цій точці, отриманим методом моделювання, і таким чином визначаємо значення λ_k . На рис. 3 (крива - 2) приведено рішення, отримане методом моделювання. Збіг температур відбулося при $\lambda_k = 3$ Вт/м·град. Для порівняння на рисунку 3 наведена також крива розподілу температури в однорідному циліндрі.

Для прикладу, розглянемо циліндр з запресованою чавунною вставкою товщиною 2 мм. Задамо теж граничні умови, а значення теплопровідності контактної шару $\lambda_k = 3$ Вт/м·град задамо на глибині 2 мм. Вирішення цього завдання наведено на рис. 4 (крива 1). З представлених рисунків 3 і 4 видно що при пластинуванні і запресуванні вставки температурні поля в циліндрі ДВЗ змінюються. Підвищується температура на внутрішній поверхні циліндра при пластинуванні на 6,5 °С, при запресуванні на 4,5 °С. Це можна пояснити тим що контактний шар при пластинуванні

знаходиться в зоні нестационарного режиму, а при запресуванні контактний шар знаходиться в зоні стаціонару і, таким чином, збільшує товщину циліндра на два міліметри. Виходячи з цього, різниця мінімальної і максимальної температур на внутрішній поверхні циліндра практично залишається такою ж як у однорідного циліндра. У разі пластинування вказана різниця збільшується на 2 °С.

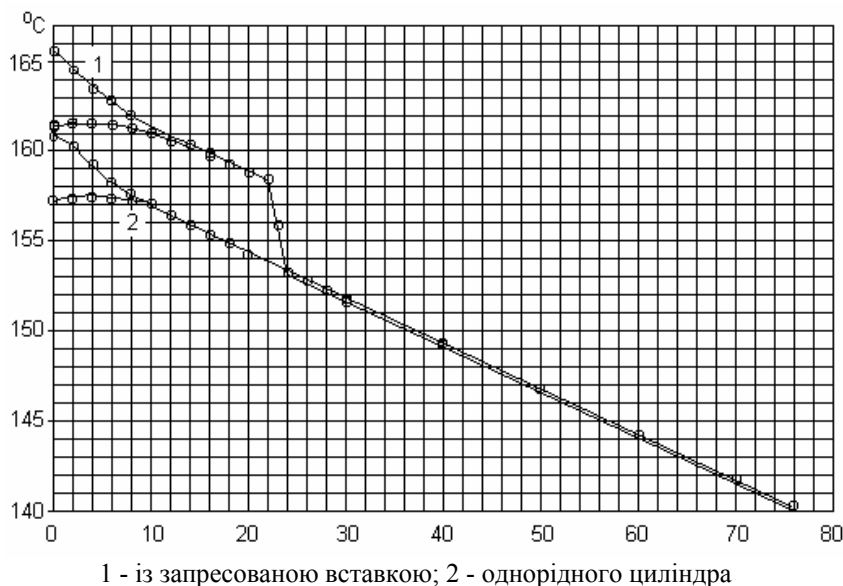


Рисунок 4 – Розподіл температури по товщині стінки циліндра ДВЗ

Джерело: розроблено авторами

Висновки. Таким чином, моделювання стає найбільш дієвим науковим інструментом при розробці та проведенні перспективної оцінки варіантів удосконалення ДВЗ.

Питання прогнозування теплового стану деталей ДВЗ, що відновлюються або варіантів деталей ДВЗ в процесі їх удосконалення представляють винятковий інтерес для конструкторських бюро, ремонтних і сервісних підприємств.

Список літератури

1. Аулін В.В., Гриньків А.В. Проблеми підвищення експлуатаційної надійності та можливості удоскона. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування: зб. наук. пр. Кіровоград. нац. техн. ун-ту.* 2015. Вип. 28. С. 126-131.
2. Герук С.М., Федірко П.П. Відновлення отворів у корпусних деталях методом пластинування. *Крамаровські читання: зб. тез доповідей V Міжнар. наук.-техн. конф., 22-23 лютого 2018 р. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2018. С. 189-191.*
3. Гранкін С.Г., Гранкіна О.В. Обґрунтування режимів розкочування при ремонті деталей платинуванням. *Праці Таврійського ДАТУ.* 2013. Вип. 13, т. 3. С. 38-45.
4. Дьяченко Н.Х., Дашков С. Н., Костин А. К., Бурин М. М. Теплообмен в двигателях и теплонапряженность их деталей. Изд-во «Машиностроение» Ленинград, 1969. 247 с.
5. Завороткин Е.А. Совершенствование технологии восстановления блоков цилиндров из алюминиевых сплавов постановкой ремонтных чугуновых гильз: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: 05.20.03. Санкт-Петербург. 2012. 18 с.
6. Захаров Ю.А., Булатов Р.Р. Восстановление рабочей поверхности гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания автомобилей. *Технические науки. «Молодой ученый».* 2015. № 5 (85) С. 145-147.

7. Новицький А.В. Моніторинг тенденцій розвитку системи технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. 2014. №1 (2). С. 41-48.
8. Савченко Н.Ф. Совершенствование ремонтных работ с использованием технологии пластинирования. *Физические и компьютерные технологии: труды 18-й Межд. научн.-техн. конференции*. Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2012. С. 101–103.
9. Савченко Н. Ф. Технология пластинирования для повышения коррозионной устойчивости изделий. *Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении* : Материалы межд. научн.-техн. конф., 20–22 сент. 2017 г. Одесса: ОНПУ, 2017. 148 с.
10. Соболев Н. И., Титунин Б. А. Пластинирование деталей машин. Ленинград: Изд-во «Машиностроение», 1987. 224 с.
11. Сорокин Н.А., Тарапон А.Г., Тернавский В.О. Программный комплекс для моделирования процессов тепломассопереноса при аварийных ситуациях. *Методы и средства компьютерного моделирования ИПМЭ НАНУ: сб. трудов*. К., 1997. С. 58–60.

References

1. Aulin, V.V. & Hrynkiv, A.V. (2015). Problemy pidvyshchennia ekspluatatsiinoi nadiinosti ta mozhlyvosti udoskonalennia stratehii tekhnichnoho obsluhovuvannia mobilnoi silskohospodarskoi tekhniky [Problems increase of operational reliability and the possibility of improvement maintenance service strategies the mobile of agricultural machinery]. *Tekhnika v sil's'kohopodars'komu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia. Zbirnyk naukovykh prats' KNTU – Machinery in agricultural production, industry machine building, automation. Collected works of KNTU. Vol. 28*, 126-131 [in Ukrainian].
2. Heruk, C.M. & Fedirko, P.P. (2018). Vidnovlennia otvoriv u korpusnykh detaliakh metodom plastynuvanniam [Renovation of openings in body parts by the method of plates]. Kramarovski reading: *V Mizhnar. nauk.-tekhn. konf. (22-23 liutoho 2018 r.) – International Scientific and Technical Conference*. (pp. 189–191). Kyiv: Vydavnychyj tsentr NUBiP Ukrainy [in Ukrainian].
3. Hrankin, S.H. & Hrankina, O.V. (2013). Obhruntuvannia rezhymiv rozkochuvannia pry remonti detalei platynuvanniam [Grounding the modes of surface plastic deformation during parts repair by plate setting]. *Pratsi Tavriiskoho DATU – Works of Tavriya TSAU, 13, 3*, 38–45 [in Ukrainian].
4. Diachenko, N.Kh., Dashkov, S.N., Kostyn, A.K. & Buryh, M.M. (1969). *Teploobmen v dvyhateliakh y teplonapriazhennost ykh detalei [Heat transfer in engines and heat density of their parts]*. Yzd-vo «Mashynostroenie» Leningrad [in Russian].
5. Zavorotkin E.A. (2012). Sovershenstvovanie tehnologi vosstanovlenija blokov cilindrov iz aljuminievyh splavov postanovkoj remontnyh chugunnych gil'z [Improvement of the technology for the restoration of cylinder blocks from aluminum alloys by installing repair cast iron liners]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Sankt-Peterburg. 2012. 18 s. [in Russian].
6. Zaharov, Ju.A. & Bulatov, R.R. (2015). Vosstanovlenie rabochej poverhnosti gil'z cilindrov dvigatelej vnutrennego sgoranija avtomobilej [Restoration of the working surface of the cylinder liners of internal combustion engines of cars]. *Tekhnicheskie nauki. «Molodoj uchenyj» – Technical science. "Young Scientist"*, 5 (85), 145–147. [in Russian].
7. Novyts'kyj, A.V. (2014). Monitorynh tendentsij rozvytku systemy tekhnichnoho obsluhovuvannia i remontu sil's'kohospodars'koi tekhniky [Monitoring of development trends in the system of maintenance and repair of agricultural machinery]. *Tekhnichnyj servis ahropromyslovoho, lisovoho ta transportnoho kompleksiv – Technical service of agro-industrial, forest and transport complexes, 1 (2)*, 41-48. [in Ukrainian].
8. Savchenko, N.F. (2012). Sovershenstvovanie remontnyh rabot s ispol'zovaniem tehnologii plastynirovaniya [Improvement of repair work using plating technology]. Physical and computer technologies: 18 Mezhd. nauchn.-tehn. konferencia – *International Scientific and Practical Conference*. (pp. 101-103). Har'kov: HNPK “FJeD” [in Russian].
9. Savchenko, N. F. (2017). Tehnologija plastynirovaniya dlja povysheniya korrozionnoj ustojchivosti izdelij [Plating technology to improve the corrosion resistance of products]. New and unconventional technologies in resource and energy saving: *Mezhd. nauchn.-tehn. konf. (20–22 sent. 2017 g.) – International Scientific and Practical Conference*. (pp. 148). Odessa: ONPU [in Russian].
10. Sobolev, N.I. & Titunin, B.A. (1987). *Plastynirovanie detalej mashin [Plating machine parts]*. Leningrad : Izd-vo «Mashinostroenie». [in Russian].
11. Sorokin, N.A., Tarapon, A.G. & Ternavskij, V.O. (1997). Programmnyj kompleks dlja modelirovaniya processov teplomassopere nosa pri avarijnyh situacijah [A software package for modeling heat and mass

transfer processes in emergency situations]. *Metody i sredstva komp'juternogo modelirovanija IPMJe NANU: sb. trudov – Methods and means of computer modeling IPME NASU: collection of articles. works.* Kiev.58 - 60 [in Russian].

Volodumir Suvolapov, Senior Lecturer, **Andriy Novitskiy**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Vasul Khmelevski**, Assoc. Prof., DSc., **Oleksandr Bustruy**, Senior Lecturer
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Investigation of the Heat Transfer Process in Internal Combustion Engine Cylinders

The article analyzes scientific publications and literary studies of heat transfer processes in cylinders of internal combustion engines. The research of temperature fields in engines during their operation at different modes with the use of a software package and calculation module is presented. The results of modeling and thermo-metering in homogeneous and laminated engine cylinder liners are analyzed. Graphic dependencies and temperature distribution by cylinder wall thickness at maximum and minimum temperature on cylinder surface are given.

On the basis of researches it is established that at laminating and pressing of inserts temperature fields in the engine cylinder change, temperature on an internal surface of the cylinder increases at laminating on 6,5 °C, and at pressing - on 4,5 °C. This is explained by the fact that the contact layer during plastification is in the zone of non-stationary mode, and when pressing the contact layer is in the zone of stationary mode and thus increases the thickness of the cylinder by 2 millimeters. It is established that the difference of minimum and maximum temperatures on the inner surface of the cylinder practically remains the same as that of a homogeneous cylinder.

Thus, modeling becomes the most effective scientific tool in the development and implementation of long-term evaluation of options for improving ICE.

engine, sleeve, repair, restoration, plating, heat transfer

Одержано (Received) 06.10.2020

Прорецензовано (Reviewed) 12.10.2020

Прийнято до друку (Approved) 19.10.2020

УДК 621.89

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3\(34\).274-281](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3(34).274-281)

Є.К. Солових, проф., д-р техн. наук, **В.О. Дубовик**, доц., канд. техн. наук, **В.В. Пукалов**, доц., канд. техн. наук, **Ю.А. Невдаха**, доц., канд. техн. наук, **А.М. Серета**

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: zenesperanto@gmail.com*

Підвищення якості припрацювання деталей двигунів автомобілів при обкатці застосуванням присадки комплексної дії

У роботі обґрунтовано, що для підвищення якості та прискорення припрацювання деталей двигунів автомобілів при обкатці потрібна комплексна присадка, що включає як поверхнево-активні так і хімічно-активні речовини. Розглянуто передумови отримання плівок перенесення на поверхнях тертя сполучень двигуна при обкатці. Проведено порівняльні лабораторні дослідження запропонованої присадки.

Застосування запропонованої присадки комплексної дії сприяє зміні структури поверхневого шару металу в процесі тертя під дією температури і навантаження, що призведе до підвищення якості припрацювання деталей двигунів автомобілів при обкатці.

обкатка, припрацювання, масло, присадка, вибіркового перенос, тертя, спрацювання

© Є.К. Солових, В.О. Дубовик, В.В. Пукалов, Ю.А. Невдаха, А.М. Серета, 2020