

**В. А. Макаров<sup>1</sup>**  
**Т. В. Макарова<sup>1</sup>**  
**М. С. Виноградов<sup>2</sup>**  
**М. А. Мастепан<sup>2</sup>**  
**Д. В. Савенок<sup>2</sup>**  
**О. В. Левадний<sup>2</sup>**

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИЛІКАТНОЇ ПАСТИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ**

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

<sup>2</sup>Донбаська національна академія будівництва і архітектури

*Дослідження можливості використання силікатної абразивної пасту з метою підвищення довговічності деталей автомобіля розглянуто на прикладі з'єднання «клапан – гніздо» газорозподільного механізму двигуна внутрішнього згоряння. Термін служби механізму газорозподілу переважно визначається зносом його ланок, тому для підвищення довговічності необхідно забезпечити високу зносостійкість його деталей (клапана і гнізда). В результаті зношування деталей погіршуються техніко-економічні показники двигуна. Падіння потужності двигуна відбувається внаслідок нещільної посадки клапана у гніздо та прориву газів. Тому умови роботи пар тертя механізму газорозподілу залежать від якості поверхонь тертя, від змін, що відбуваються на поверхнях, що стикаються в процесі тертя за наявності або відсутності мастила і від характеру зносу. При відновленні з'єднання «клапан – гніздо» оптимальною обробкою при усуненні дефектів є притирання абразивними пастами.*

*У роботі наведено результати експериментального дослідження можливості використання силікатної пасту для підвищення довговічності деталей при їх відновленні. Для визначення довговічності поверхонь, оброблених абразивними пастами, проведено дослідження їхньої зносостійкості. З цією метою визначали антифрикційні властивості та здатності навантаження поверхонь, які оброблені силікатною пастою та наявними складами (абразив з оливою та «КТ»). Для обробки поверхонь тертя використовували лабораторну установку, яка змонтована на станині універсального верстата, призначеного для притирання клапанів автотракторних двигунів. Дослідження щодо визначення антифрикційних властивостей та здатності навантаження поверхонь, оброблених абразивними пастами, виконували на спеціальній установці торцевого тертя. Проведене дослідження підтверджує, що у процесі обробки силікатним абразивним складом утворюється поверхня, близька до оптимальної, що зумовлює низькі коефіцієнт тертя, температуру та інтенсивність зношування, і це відбувається шляхом утворення аморфного кремнезему ( $\text{SiO}_2$ ). Доведено, що найкращі антифрикційні властивості має пара тертя, яка оброблена абразивним силікатним складом, а це дозволить підвищити довговічність деталей автомобільних двигунів на 15–20%. Встановлено, що пара тертя, яка оброблена абразивним силікатним складом, витримує навантаження до заїдання у 1,8–2 рази більше, ніж пари тертя, які оброблені наявними складами.*

**Ключові слова:** силікатна паста, результат дослідження, зносостійкість поверхні, лабораторна установка, оптимальна поверхня, коефіцієнт тертя.

### **Вступ**

Дослідження можливості використання силікатної абразивної пасту з метою підвищення довговічності деталей автомобіля розглянемо на прикладі з'єднання «клапан – гніздо» газорозподільного механізму двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ).

Під довговічністю необхідно розуміти властивість об'єкта виконувати потрібні функції до переходу у граничний стан при встановленій системі технічного обслуговування та ремонту [1].

Термін служби механізму газорозподілу переважно визначається зносом його ланок, тому підвищення довговічності повинно забезпечити високу зносостійкість його деталей (клапана і гнізда). Підвищені зноси порушують нормальну взаємодію деталей, викликають на них значні додаткові навантаження та удари у з'єднаннях. У результаті зношування деталей погіршуються техніко-економічні показники двигуна (знижується потужність, збільшується витрата паливно-мастильних матеріалів). Падіння потужності двигуна відбувається внаслідок нещільної посадки клапана у гніздо та прориву газів. Тому умови роботи пар тертя механізму газорозподілу залежать від якості поверхонь

тертя, від змін, що відбуваються на поверхнях, що стикаються в процесі тертя за наявності або відсутності мастила, і від характеру зносу.

Встановлено, що найменш зносостійкою парою механізму газорозподілу ДВЗ є з'єднання фаски клапана з гніздом головки циліндрів. Потреба відновлення робочої фаски гнізда клапана при капітальному ремонті двигуна практично стовідсоткова. Основними дефектами поверхонь клапанного з'єднання є: зношування робочих фасок, раковини, порушення геометричної форми.

Зношення з'єднання виникає внаслідок відносного переміщення контактуючих деталей у межах пружних згинальних деформацій тарілки клапана під дією тиску газів та сил інерції при посадці клапана з ударом. Раковини виникають від дії на метал клапана і гнізда газів, що прориваються при нещільній їх посадці. Прогар клапана і гнізда відбувається внаслідок деформації гнізда. Широки посадкові поверхні гнізда і клапана призводять до зниження тиску на ущільнюючих фасках з'єднання, внаслідок чого на цих поверхнях виявляється нагар, який призводить до нещільної посадки клапана і прориву газів. Усі зазначені дефекти проникають на невелику глибину і піддаються усуненню механічним способом, а саме взаємним притиранням гнізда і клапана на стенді абразивними пастами.

Як відомо, притиральна обробка здійснюється абразивними сумішами, що наносяться на поверхні з'єднаних деталей, і дозволяє отримувати низьку шорсткість, високу точність розмірів і форми. Головною відмінністю процесу притирання є одночасний хіміко-механічний вплив абразиву, що забезпечує знімання найтонших шарів металу, в результаті чого змінюються макро-і мікронерівності, виправляється геометрія. Крім того, абразивне доведення покращує фізико-механічні властивості деталей – підвищує опір зносу оброблених поверхонь, збільшує площу їх контакту (майже вдвічі), покращує опір корозії.

Недоліком абразивної доводочно-притиральної обробки є низька продуктивність процесу.

Усунення цього недоліку неможливе без впровадження у виробництво прогресивної технології, дешевих та ефективних абразивно-довідкових сумішей.

На сьогодні в Україні для притирання клапанів застосовують абразивну пасту «КТ» (виробник України, Полтавський алмазний завод). Абразивні пасту «КТ» складаються із класифікованих за зернистістю порошоків карбиду титану та наповнювача – композиції зі змащувальних матеріалів та поверхнево-активних речовин [2].

У роботі [2] авторами проведено дослідження працездатності силікатної пасту і наведено результати експериментального дослідження впливу зернистості абразиву силікатної пасту на якість поверхонь тертя. На підставі цього стоїть завдання дослідити можливості використання силікатної пасту для підвищення довговічності деталей при їх відновленні.

*Метою роботи є проведення експериментальних дослідів та отримання фактичних даних можливості використання силікатної пасту для підвищення довговічності деталей при їх відновленні.*

### Результати дослідження

Для визначення довговічності деталей, поверхні яких були оброблені абразивними пастами, проводили дослідження зносостійкості таких поверхонь. Під зносостійкістю розуміють властивість матеріалу чинити опір зношуванню за визначених умов тертя, яка оцінюється величиною, оберненою швидкості зношування чи інтенсивності зношування [3]. Зносостійкі матеріали вирізняються підвищеною зносостійкістю при роботі в певних умовах зовнішнього впливу. Зносостійкість матеріалу є характеристикою його здатності опору до зношування у заданих умовах, що оцінюється величиною, зворотною до швидкості (інтенсивності) зношування [4]. З цією метою визначали антифрикційні властивості та здатності навантаження поверхонь, які оброблені абразивними пастами: силікатною пастою та наявними складами абразив з оливою та «КТ».

Як зразок використовували конус зі сталі 40X HRC 48 діаметром 23 мм, шириною 15 мм. Контрзразок мав форму кільця із чавуну СЧ 18-36 HRC 32 діаметром 50 мм, шириною 10 мм із шириною робочої поверхні 3 мм. Вибір матеріалу цих пар тертя був зумовлений його широким поширенням у галузі автобудування і, зокрема, клапанних з'єднань ДВЗ.

Для обробки поверхонь тертя використовували лабораторну установку, конструкцію якої подано на рис. 1. Установка змонтована на станині універсального верстата ОПП-1841А, призначеного для притирання клапанів автотракторних двигунів, і складається з таких вузлів і деталей (рис. 1): блок шпинделів 1, перехідник 2, маховики правління 3 та 6, стійка права 4, підйомний майданчик 5, станина 7. До блоку шпинделів належать 12 шпинделів, у роботі задіємо тільки один. Кут повороту шпинделя при прямому ході складає 360°, його зміщення за подвійний хід – 14°, число подвійних ходів корпусу шпинделя за хвилину – 140. Число подвійних ходів рейки за хвилину становить 70. Найбільший підйом опорного майданчика становить 500 мм. Привід установки здійснюється моторедуктором потужністю

1,1 кВт. Поворотно-обертальний рух шпинделя на  $360^\circ$  проводиться через кривошипно-шатунний механізм, рейку та шестерню шпинделя.

Для закріплення зразків та контрзразків для притирання встановлено робочий вузол 8 (рис. 1). Зміна висоти столу здійснюється або вручну маховиком 6 через черв'ячну пару і рейкове зчеплення, або електродвигуном через клиноремінну передачу, для чого необхідно натиснути кнопку управління.

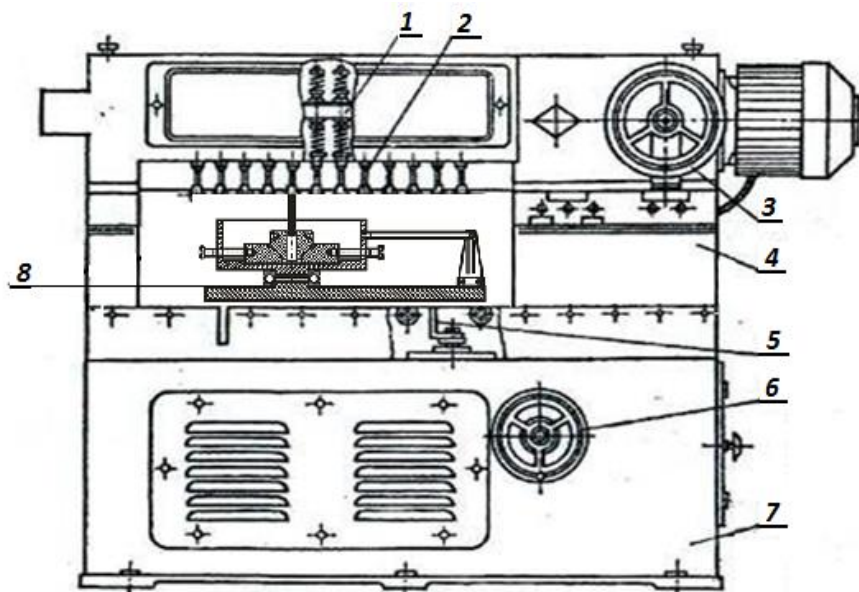


Рис. 1. Лабораторна установка для дослідження працездатності абразивного складу: 1 – блок шпинделів; 2 – перехідник; 3, 6 – маховик; 4 – стійка права; 5 – косинець підйомного столу; 7 – станина; 8 – робочий вузол для притирання

Механізм зміщення дає змогу здійснювати зміщення циліндра щодо поршня за один подвійний хід на 3–5 мм. Повний оборот зміщення зразка, що притирається, відбувається за 25...35 подвійних ходів рейки. Зміщення зразка щодо контрзразка необхідне для забезпечення рівномірності притирання зразка по всьому діаметру запірної фаски. При притиранні фаску зразка та контрзразка змащуємо тонким шаром пасти, яка досліджується.

Конструкцію робочого вузла для притирання подано на рис. 2. Випробування проводили за схемою торцевого тертя «конус (зразок) – кільце (контрзразок)». Навантаження на зразок виконувалося при підйому столу 5 (рис. 1) шляхом стиску пружини шпинделя. Значення навантаження визначали за допомогою електротензодатчика 10 (рис. 2), який наклеєно на дно чашки 4 (рис. 2) і протарировано.

Контрзразок 3 (рис. 2) встановлювали у чашку 4, яку спирали на напольгливий кульковий підшипник 51103 і закріплювали двома гвинтами 9. Над контрзразок 3 встановлювали зразок 2. Зразок 2 з'єднували зі шпинделем за допомогою перехідника 1. Поворотно-обертальний рух шпинделя передається на зразок, унаслідок чого виконується притирання.

Поверненню чашки перешкоджав стрижень 5 (рис. 2), що є рівномічною консольно закріпленою балкою, на яку були наклеєні електротензодатчики, що служать плечима моста.

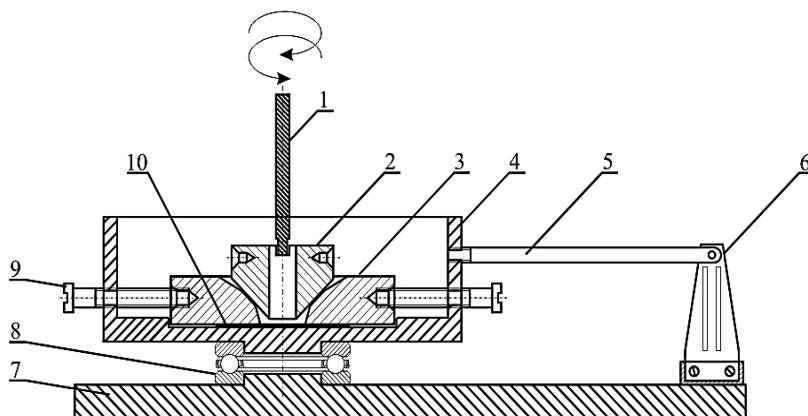


Рис. 2. Робочий вузол для притирання: 1 – перехідник; 2 – зразок; 3 – контрзразок; 4 – чашка; 5 – стрижень; 6 – тензотрична балка з електротензодатчиком; 7 – опорна плита; 8 – напольгливий кульковий підшипник 51103; 9 – гвинт для кріплення контрзразка; 10 – електротензодатчик

Деформацію вигину балки, тобто величину моменту тертя, вимірювали приладом і одночасно записували на діаграмну стрічку приладу самопису Н 327-1. Похибка виміру не перевищувала  $\pm 3\%$ . Для більш достовірних результатів перед кожною серією випробувань проводили тарування тензобалки 6 (рис. 2). Оцінку величини за тривалістю притирання, знімання металу та якістю поверхні. Стабілізація коефіцієнта тертя показувала завершення процесу притирання.

Після обробки за допомогою профілографа-профілометра вимірювали шорсткість поверхні ( $R_a$ ) та записували профілограми поверхонь, оброблених абразивними складами. Результати вимірювань подано на рис. 3.

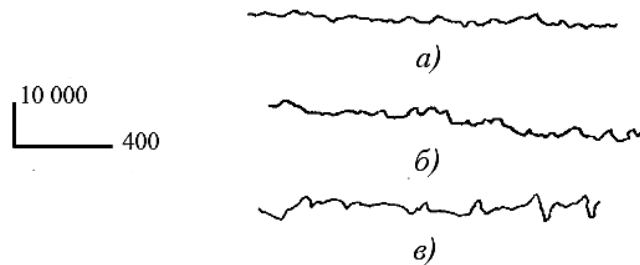


Рис. 3. Профілограми поверхонь, оброблених складами:

а) силікатною пастою ( $R_a = 0,12$  мкм); б) пастою «КТ» ( $R_a = 0,32$  мкм); в) абразивом з оливою ( $R_a = 0,34$  мкм)

Після обробки силікатним складом шорсткість поверхні становила  $R_a = 0,12$  мкм (рис. 3а), водночас після обробки складами «КТ» і абразивом з оливою  $R_a = 0,32$  мкм і  $R_a = 0,34$  мкм, відповідно (рис. 3б та 3в).

Дослідження щодо визначення антифрикційних властивостей та здатності навантаження поверхонь, оброблених абразивними пастами, виконували на спеціальній установці торцевого тертя. Установка змонтована на станині настільного вертикально-свердлильного верстата, шпindelь якого обертає рухому частину установки із закріпленням у ній конусом (зразком).

Нерухомий контрзразок закріплювали в чашці, що спиралася на напольгивий кульковий підшипник. Поверненню чашки перешкоджав стрижень, що є рівномірною консольно закріпленою балкою, на яку були наклеєні електротензодатчики. Величину моменту тертя вимірювали у такий спосіб, як і при обробці абразивними пастами.

Швидкість ковзання зразка і контрзразка становила 0,63 м/с. Навантаження створювали гравітаційним способом за допомогою важеля, що навантажується масою  $P$  і становить 1,2 МПа.

Як змащувальний склад застосовували моторну оливу «М-8В», що широко використовується у ДВЗ. Кількість змащувального матеріалу у всіх дослідах фіксували, його об'єм становив в межах 200 мл.

Для вимірювання температури на поверхні тертя використовували хромель-капельові термометри з діаметром спаю головки 0,3 мм, температури мастильного матеріалу – термометр.

Зношування зразків визначали ваговим методом із точністю  $\pm 2 \cdot 10^{-4}$  г. Зразки зважували на аналітичних вагах до і після випробувань. Тривалість випробувань становила три години.

Результати випробувань визначали як середнє арифметичне п'ятих дослідів із похибкою  $\pm 5\%$ . Результати досліджень відображено на рис. 4.

Аналіз результатів досліджень показав, що стабілізація коефіцієнта тертя та температури у зразків, які оброблені силікатним складом, відбувається на 70-й хвилині. Водночас у пар, які оброблені складами «КТ» та абразивом з оливою, це спостерігається на 100-й хвилині (рис. 4а). Крім того, з графіків (рис. 4а та 4б) бачимо, що кінцеві значення коефіцієнта тертя і температури у зразків, які оброблені складами «КТ» та абразивом з оливою, вищі, ніж аналогічні результати у пар, які притерті силікатною пастою.

Аналіз інтенсивності зношування зразків показав, що у пар тертя, які оброблені силікатним складом, інтенсивність зношування на 15–20% менше ніж у пар, оброблених складами «КТ» і абразивом з оливою (рис. 4в).

Проаналізувавши результати, отримані у дослідженнях, можна відмітити, що у процесі обробки силікатним абразивним складом утворюється поверхня, близька до оптимальної, що зумовлює низькі коефіцієнти тертя ( $f_{mp} = 0,067$ ), температуру ( $t = 41^\circ\text{C}$ ) та інтенсивність зношування ( $I_g = 0,093$  мг/км·см<sup>2</sup>). Це підтверджує думку автора роботи [3], що одержання такої поверхні при обробці силікатним складом відбувається шляхом утворення аморфного кремнезему ( $\text{SiO}_2$ ). Отже, проведені дослідження показали, що найкращі антифрикційні властивості має пара тертя, яка оброблена абразивним силікатним складом, а це дасть змогу підвищити довговічність деталей автомобільних двигунів на 15–20%.

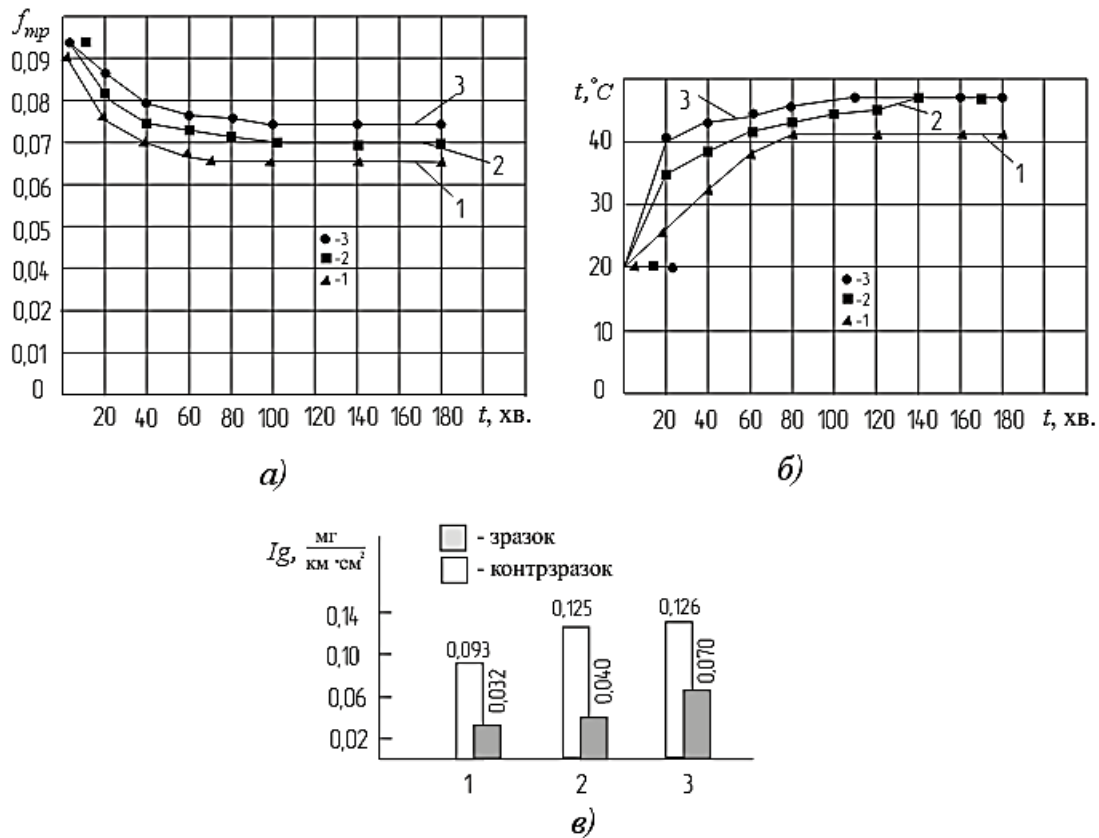


Рис. 4. Зміна коефіцієнта тертя (а), температури (б) та інтенсивності зношування (в) при роботі в оливі «М-8В» пари тертя сталь 40Х (HRC 48) – чавун СЧ 18 – 36 (HRC 32), обробленої: 1 – силікатним складом; 2 – пастою «КТ»; 3 – абразивом з оливою

Визначення критичних навантажень заїдання для зразків, які оброблені абразивними пастами, проводили в такий спосіб. Промиті зразки, після зважування на аналітичних вагах, встановлювали на торцеву машину і фіксували. Машинило (олива «М-8В») заливали в чашку так, щоб поверхні тертя зразків знаходилися повністю в мастильному матеріалі. Випробування починали з питомого навантаження 1,0 МПа і вели до закінчення періоду опрацювання, про що свідчили стабілізація моменту тертя та температури. Навантаження поступово підвищували через 10 Н і стежили за стабілізацією моменту тертя та температури. Зміна режиму характеризувалася зростанням звуку, різким коливанням сили тертя та збільшенням температури. За результатами випробування визначали коефіцієнт тертя, після чого будували трибограми залежності коефіцієнта тертя від навантаження.

За критичне навантаження заїдання приймали мінімальне осьове навантаження, за якого відбувався перехід до стрибкоподібної зміни моменту тертя, швидкого підвищення температури мастильного матеріалу в об'ємі та різкої зміни звуку. Результати випробувань надано на рис. 5.

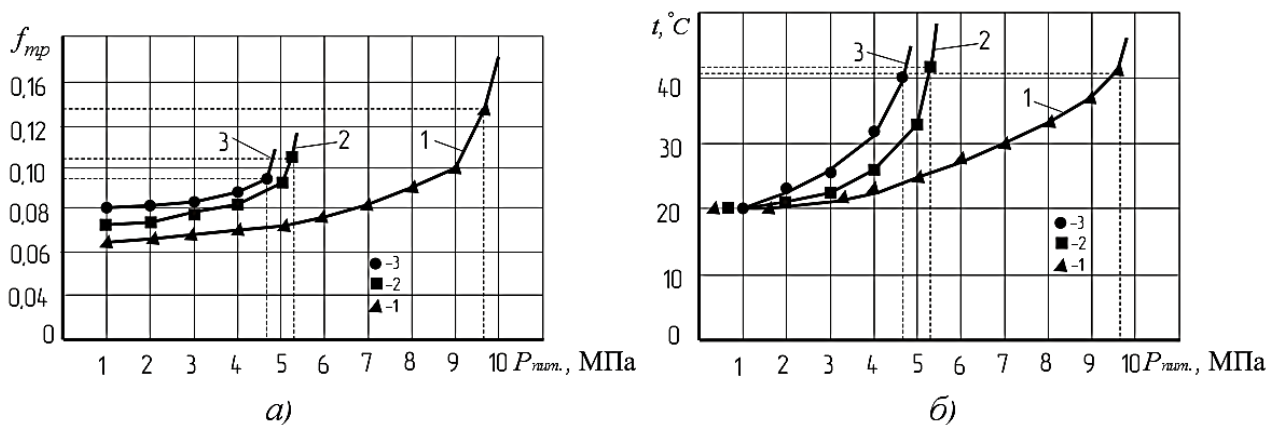


Рис. 5. Залежність коефіцієнта тертя (а) та температури (б) пар тертя сталь – чавун від навантаження під час роботи в оливі «М-8В», які оброблені складами: 1 – силікатною пастою; 2 – пастою «КТ»; 3 – абразивом з оливою

Навантаження до заїдання, що витримується поверхнею, яка оброблена силікатним складом, дорівнює 9,6 МПа (рис. 5а), водночас у поверхонь, оброблених пастою «КТ» та абразивом з оливою, воно нижче (5,2 МПа та 4,8 МПа, відповідно). На нашу думку, це обумовлено високою якістю поверхні, отриманою при обробці силікатним складом, і наявністю утворення на поверхні тертя кремнієвих сполук. На підставі цього можна стверджувати, що пара тертя, яка оброблена абразивним силікатним складом, витримує навантаження до заїдання у 1,8–2 рази більше, ніж пари тертя, які оброблені наявними складами.

### Висновки

У роботі наведено результати експериментального дослідження можливості використання силікатної пасти для підвищення довговічності деталей при їх відновленні. Для визначення довговічності деталей, поверхні яких були оброблені абразивними пастами, проведено дослідження зносостійкості таких поверхонь.

Проведене дослідження підтверджує, що у процесі обробки силікатним абразивним складом утворюється поверхня, близька до оптимальної, що зумовлює низькі коефіцієнт тертя, температуру та інтенсивність зношування, і це відбувається шляхом утворення аморфного кремнезему (SiO<sub>2</sub>).

Доведено, що найкращі антифрикційні властивості має пара тертя, яка оброблена абразивним силікатним складом, а це дасть змогу підвищити довговічність деталей автомобільних двигунів на 15–20 %.

Встановлено, що пара тертя, яка оброблена абразивним силікатним складом, витримує навантаження до заїдання у 1,8–2 рази більше, ніж пари тертя, які оброблені наявними складами.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. Чинний від 1996-01-01. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=25034](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25034)
- [2] Макаров В. А., Мастепан М. А., Виноградов М. С., Беляев Д. С. Експериментальне дослідження впливу зернистості абразиву силікатної пасти на якість поверхонь тертя. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2022. № 1(15). С. 100–105.
- [3] ДСТУ 2823-94. Зносостійкість виробів тертя, зношування та мащення. Терміни та визначення. URL: [https://dnaop.com/html/62330/doc-ДСТУ\\_2823-94](https://dnaop.com/html/62330/doc-ДСТУ_2823-94)
- [4] Баглюк Г. А. Зносостійкі матеріали. Енциклопедія сучасної України / ред. кол.: І. М. Дзюба [та ін.]; НАН України, НТШ. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 20012022. ISBN 966-02-2074-X.

**Макаров Володимир Андрійович** – д-р. техн. наук, професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: [makarov@vntu.edu.ua](mailto:makarov@vntu.edu.ua)

**Макарова Тамара Володимирівна** – канд. екон. наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: [makarova@vntu.edu.ua](mailto:makarova@vntu.edu.ua)

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**Виноградов Микола Семенович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту, e-mail: [m.s.vynogradov@donnaba.edu.ua](mailto:m.s.vynogradov@donnaba.edu.ua)

**Мастепан Микола Антонович** – канд. техн. наук, доцент, в. о. зав. кафедри автомобільного транспорту

**Савенок Дмитро Валерійович** – канд. техн. наук, в. о. декана механічного факультету

**Левадний Олександр Володимирович** – магістрант механічного факультету

Донбаська національна академія будівництва і архітектури, м. Івано-Франківськ

V. Makarov<sup>1</sup>  
T. Makarova<sup>1</sup>  
M. Vynogradov<sup>2</sup>  
M. Mastepan<sup>2</sup>  
D. Savenok<sup>2</sup>  
O. Levadnyi<sup>2</sup>

## Experimental study of the possibility of using silicate paste to increase the durability of automobile engine parts

<sup>1</sup>Vinnitsia National Technical University

<sup>2</sup>Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

*The study of the possibility of using silicate abrasive paste to increase the durability of car parts is considered on the example of the "valve-seat" connection of the gas distribution mechanism of the internal combustion engine. The service life of the gas distribution mechanism is mainly determined by the wear of its links, therefore, to increase its durability, it is necessary to ensure high wear resistance of its parts (valve and seat). As a result of wear and tear of parts, technical and economic indicators of the engine deteriorate. A drop in engine power occurs because of a loose fitting of the valve in the seat and gas breakthrough. Therefore, the operating conditions of the connected friction pairs of the gas distribution mechanism depend on the quality of the friction surfaces, on the changes that occur on the surfaces in contact, in the friction process in the presence or absence of lubricant, and on the nature of wear. When restoring the "valve-seat" connection, the final treatment for eliminating defects is rubbing with abrasive pastes.*

*The paper presents the results of an experimental study of the possibility of using silicate paste to increase the durability of parts during their restoration. To determine the durability of parts whose surfaces were treated with abrasive pastes, a study of the wear resistance of such surfaces was conducted. For this purpose, the anti-friction properties and load capacity of surfaces treated with silicate paste and existing compositions (abrasive with oil and "CT") were determined. For the processing of friction surfaces, a laboratory installation was used, which is mounted on the bed of a universal machine designed for lapping the valves of auto tractor engines. Research on determining the anti-friction properties and load capacity of surfaces treated with abrasive pastes was carried out on a special face friction unit.*

*The conducted research confirms that in the process of treatment with a silicate abrasive composition, a surface close to optimal is formed, which causes a low coefficient of friction, temperature, and intensity of wear and this occurs due to the formation of amorphous silica (SiO<sub>2</sub>). It has been proven that the best anti-friction properties have a friction pair that is treated with an abrasive silicate composition, and this will increase the durability of car engine parts by 15-20%. It was established that the friction pair, which is treated with an abrasive silicate composition, withstands the load before seizing 1.8-2 times more than the friction pairs, which are treated with existing compositions.*

**Key words:** silicate paste, research result, surface wear resistance, laboratory setup, optimal surface, coefficient of friction.

**Makarov Volodymyr** – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, e-mail: [makarov@vntu.edu.ua](mailto:makarov@vntu.edu.ua)

**Makarova Tamara** – Ph. D. (Econ.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, e-mail: [makarova@vntu.edu.ua](mailto:makarova@vntu.edu.ua)

**Vynogradov Mykola** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Road Transport, e-mail: [m.s.vynogradov@donnaba.edu.ua](mailto:m.s.vynogradov@donnaba.edu.ua)

**Mastepan Mykola** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Acting head of the Department of Road Transport

**Savenok Dmytro** – Ph. D. (Eng.), Acting head Dean of the Mechanical Faculty

**Levadnyi Oleksandr** – Mahistrant of the Faculty of Mechanical Engineering