

Шифр «Обкатування кульками»

**ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ФІНІШНОЇ ОБРОБКИ
ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ**

Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт
зі спеціальності «Галузеве машинобудування
(машини аграрно-лісового та транспортного комплексів)»

ЗМІСТ

	стор
ВСТУП	3
1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФІНІШНОЇ ОБРОБКИ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ АНТИФРИКЦІЙНИМИ МАТЕРІАЛАМИ	5
1.1. Теоретичні дослідження	5
1.2. Методика експериментальних досліджень	9
1.3. Результати експериментальних досліджень	11
2. РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПРЕЦИЗІЙНОГО ЛАТУНЮВАННЯ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ	20
ВИСНОВКИ	26
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	28

ВСТУП

Одним з чинників, що визначають довговічність двигунів, є стан поверхонь тертя. Відомо, що зносостійкість залежить від фінішної (остаточною) технологічної обробки поверхонь деталей. Є експериментальні дослідження по впливу шорсткості поверхонь тертя на інтенсивність зношування. Для широко поширених зчленувань виявлені оптимальні значення параметрів шорсткості, при яких знос деталей мінімальний. Встановлено, що від фінішної обробки деталей залежить не лише первинний (припрацювальний) знос, але і сталий знос, тобто первинне прироблення може впливати на інтенсивність зношування при тривалій експлуатації машин. Передусім, це відноситься до деталей циліндро-поршневої групи (ЦПГ) двигунів внутрішнього згорання. При формуванні поверхонь тертя необхідно забезпечувати отримання оптимальних триботехнічних характеристик поверхонь, що сполучаються, таких як низький коефіцієнт тертя, висока зносостійкість, оптимальні фізико-механічні властивості. Значною мірою вони визначаються способами обробки поверхонь тертя. Останнім часом розроблені нові технологічні процеси фінішної обробки, які дозволяють понизити припрацювальний знос і підвищити антифрикційні властивості (підвищити мастило деталей, понизити коефіцієнт тертя і так далі), а також зменшити час прироблення пар тертя.

Проте, аналіз інформації, отриманої з друкарських і електронних джерел, дає можливість стверджувати, що не усі резерви інтенсифікації процесів прироблення ЦПГ в частині застосування нових способів фінішної обробки гільз циліндрів вичерпані.

Останнім часом швидко розвивається ринок різноманітних антифрикційних матеріалів, присадок і добавок в масла, які утворюють захисні плівки на поверхнях, що труться. Можливість застосування таких препаратів для надання робочим поверхням гільз оптимальних триботехнічних характеристик на етапі їх остаточної обробки при ремонті або

виготовленні ДВС мало вивчена. Тому вплив обробки гільз циліндрів різними антифрикційними матеріалами при ремонті або виготовленні ДВС на характеристики робочих поверхонь і процеси прироблення сполучень є актуальною темою для досліджень.

Мета роботи полягає у вдосконаленні процесів прироблення ЦПГ шляхом застосування фінішної обробки гільз циліндрів антифрикційними матеріалами.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Проаналізувати існуючі технології діагностування циліндро-поршневої групи та особливості її роботи, ремонт циліндро-поршневої групи двигуна і способи фінішної обробки гільз циліндрів

2. Обґрунтувати можливість зменшення часу прироблення ЦПГ і припрацювального зносу гільз циліндрів за допомогою їх фінішної обробки антифрикційними матеріалами.

3. Розробити технологію фінішної обробки гільз циліндрів антифрикційними матеріалами.

4. Розробити рекомендації для застосування антифрикційних матеріалів, використуваних при фінішній обробці гільз циліндрів.

5. Дослідити закономірності зміни параметрів шорсткості робочої поверхні гільзи і процесу прироблення пари тертя "кільце - гільза циліндра" залежно від вживаних матеріалів при фінішній обробці гільз.

6. Розробити пристрій для прецизійного латунювання гільз циліндрів.

1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФІНІШНОЇ ОБРОБКИ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ АНТИФРИКЦІЙНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

1.1. Теоретичні дослідження

При ковзанні контактуючих поверхонь спочатку йде процес прироблення, що супроводжується зміною мікрогеометрії, в результаті якої встановлюється деяка постійна шорсткість, характерна для цих умов тертя. В процесі прироблення міняються також фізико-механічні властивості поверхневих шарів, оскільки в контакті зазвичай переважають пластичні деформації. Тому, виходячи з початкової мікрогеометрії і початкових властивостей поверхонь, можна визначити характеристики контакту тільки в початковий період прироблення. Процес прироблення можна розглядати як поступове збільшення опорної поверхні і пружної складової площі контакту, зменшення долі пластичної, внаслідок чого сумарний знос знижується.

Процес прироблення можна оцінювати по зміні опорної кривої. Опорна крива характеризує розподіл матеріалу по висоті шорсткого шару і відіграє важливу роль при розрахунках площ шорстких тел. За даними Н.Б. Демкіна і І.В. Крагельського початкова частина опорної кривої може бути представлена у виді:

$$t_p = \frac{\sum \Delta l_p}{l} = \frac{A_p}{A_c} = b \left(\frac{a}{R_{\max}} \right)^v, \quad (1)$$

де t_p - параметр відносної опорної довжини профілю; $\sum \Delta l_p$ - сумарна довжина перерізів виступів на рівні p , мм; l - базова довжина профілю, мм; A_p - площа перерізу виступів на рівні p , мм²; A_c - номінальна площа, мм ; b і v - коефіцієнти статечної апроксимації опорної кривої (виходять шляхом відповідної обробки профілограм поверхонь); a - відстань від лінії виступів до рівня перерізу, мкм; R_{\max} - максимальна висота нерівностей профілю, мкм.

Залежність (1) добре апроксимує початкову ділянку опорної кривої (до середньої лінії профілю шорсткості).

Орієнтовні значення параметрів шорсткості гільзи на різних етапах її обробки і обкатки, використовувані для розрахунків опорної кривої, представлені в табл. 1, яка складена за даними В. С. Комбалова, Е.В. Рижова і С. А. Оводова, а також отриманим в ході попередніх експериментів.

Таблиця 1

Значення параметрів шорсткості гільзи для розрахунку опорної кривої

Етап обробки	R_{max} , мкм	Ra , мкм	r , мкм	b	ν
Після хонінгування	4,7	0,65	15	0,7	1,8
Після фінішної обробки спеціальними препаратами	2,4	0,27	30	1,4	1,7
Після стендової обкатки	2,3	0,25	35	2,0	2,0

На рис. 1 представлені розрахункові значення початкової ділянки опорної кривої.

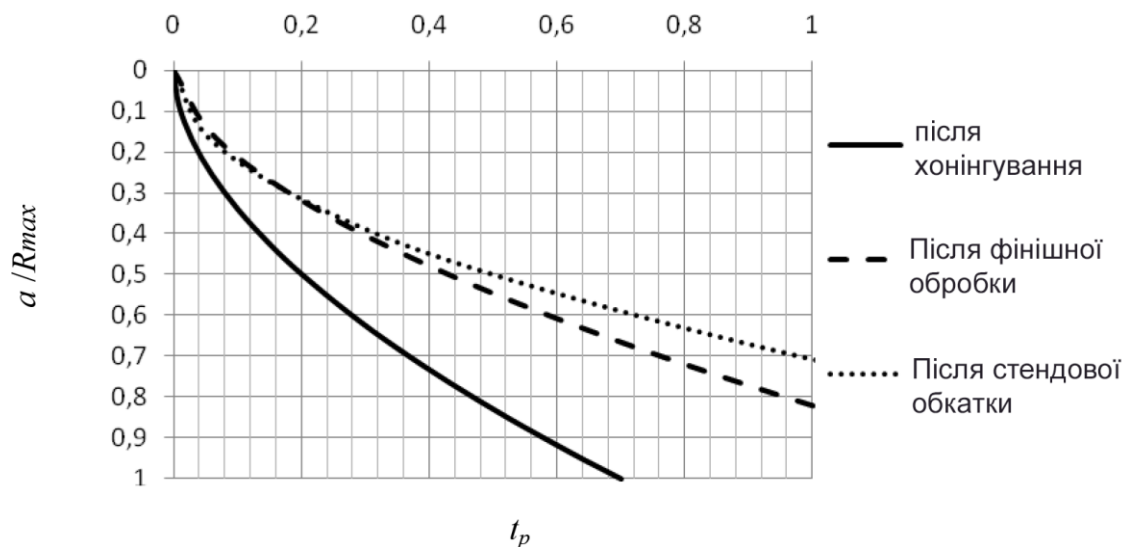


Рис. 1. Розрахункові значення початкової ділянки опорної кривої

Також процес прироблення можна оцінювати по зміні параметрів шорсткості. Для гільз циліндрів двигуна Д-240 нормативно-технічною документацією нормується параметр Ra (середнє арифметичне відхилення профілю).

За даними Л.Е. Галстяна зміна середнього арифметичного відхилення профілю Ra під час прироблення поверхні відбувається за гіперболічному законом:

$$Ra(t) = \frac{k \cdot Ra_H}{t \cdot Ra_H + k}, \quad (2)$$

де $Ra(t)$ - середнє арифметичне відхилення профілю, що змінюється залежно від часу зношування, мкм; Ra_H - первинне значення середнього арифметичного відхилення профілю, мкм; t - час прироблення, год; k - коефіцієнт залежний від часу прироблення.

Використовуючи емпіричну формулу Боше $f = \frac{k}{1+c \cdot v}$ був виражений коефіцієнт k :

$$k = f \cdot (1 + c \cdot v), \quad (3)$$

де f - коефіцієнт тертя ковзання (безрозмірний), з часом f знижується і для різного часу прироблення t буде різний; c - коефіцієнт (для металів $c = 3 \div 4$); v - швидкість поршня, м/с (прийнята швидкість $v = 3,36$ м/с).

Для розрахунку коефіцієнта тертя при приробленні ЦПГ і зміни інтенсивності зношування в процесі прироблення використовувалися дані, отримані С. А. Оводовим.

Після проведення попередніх лабораторних випробувань, були виведені залежності коефіцієнта тертя f від часу прироблення для різних способів обробки робочої поверхні гільз. При початковому коефіцієнті тертя $f = 0,1$ на маслі М-10Г2 були отримані залежності коефіцієнта тертя при приробленні після хонінгування f_x і після фінішної обробки антифрикційними матеріалами f_ϕ від часу t .

$$f_x = 0,1006 - 0,0414 \cdot t + 0,0246 \cdot t^2 - 0,0050 \cdot t^3; \quad (4)$$

$$f_\phi = 0,0691 - 0,422 \cdot t + 0,0343 \cdot t^2 - 0,0089 \cdot t^3. \quad (5)$$

Підставляючи формули (4) і (5), а також значення $c = 3,5$ і $v = 3,36$ м/с в залежність (3), а потім отриману формулу в залежність (2), були отримані формули для розрахунку $Ra(t)$:

$$Ra_x = (t / (1,183 - 0,487 \cdot t + 0,289 \cdot t^2 - 0,059 \cdot t^3) + 1 / Ra_{nx})^{-1}; \quad (6)$$

$$Ra_\phi = (t / (0,813 - 0,496 \cdot t + 0,403 \cdot t^2 - 0,105 \cdot t^3) + 1 / Ra_{n\phi})^{-1}, \quad (7)$$

де Ra_x , Ra_ϕ - середнє арифметичне відхилення профілю, що змінюється залежно від часу прироблення, гільз після хонінгування і після фінішної обробки антифрикційними матеріалами мкм.

Залежності (6) і (7) представлені графічно на рис. 2 при: початковому значенні для прироблення після хонінгування $Ra_{nx}=0,65$ мкм, початковому значенні для прироблення після фінішної обробки антифрикційними матеріалами $Ra_{n\phi}=0,27$ мкм.

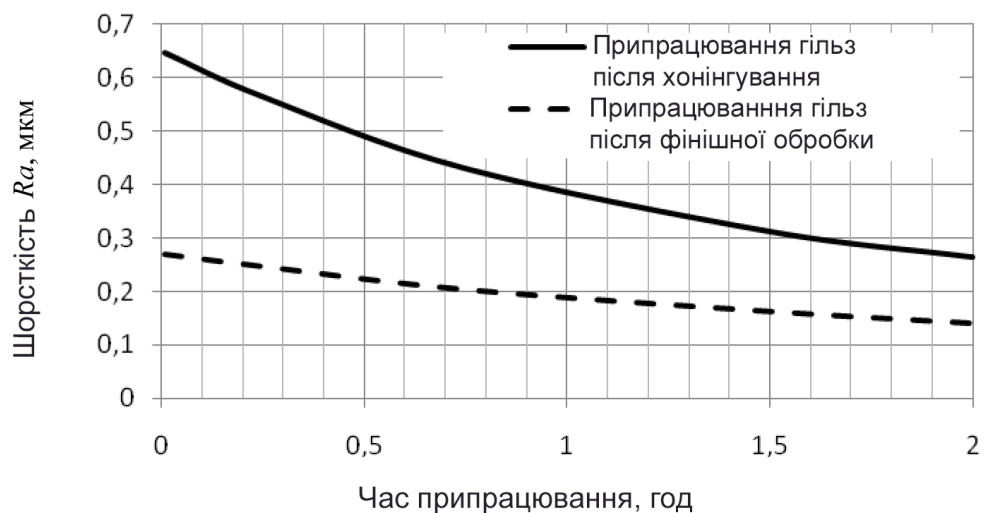


Рис. 2. Залежність середнього арифметичного відхилення профілю від часу прироблення

Розрахунково-теоретичний аналіз процесу прироблення гільз циліндрів дозволив зробити наступні висновки:

- фінішна обробка гільз циліндрів збільшує опорну поверхню в 2-2,5 рази (див. рис. 1), при цьому значення опорної кривої після фінішної обробки близькі до її значень після стенової обкатки ЦПГ;

- коефіцієнт тертя і шорсткість на початку процесу прироблення ЦПГ у разі попередньої обробки гільз антифрикційними матеріалами, дорівнюють значенням цих параметрів у кінці стенової обкатки ЦПГ у разі, коли гільзи після хонінгування (див. рис. 2);

- оскільки інтенсивність зношування прямопропорційно залежить від коефіцієнта тертя і тиску в парі тертя, то фінішна обробка антифрикційними матеріалами знижує припрацювальний знос, що впливає на довговічність гільз;

- виходячи з вищесказаного, можна стверджувати, що фінішна обробка гільз циліндрів антифрикційними матеріалами дозволяє інтенсифікувати процес прироблення ЦПГ, що виражається в зменшенні годині прироблення і припрацювального зносу.

1.2. Методика експериментальних досліджень

Лабораторні дослідження проводилися в два етапи: 1) по виборі і оптимізації режиму обробки антифрикційними матеріалами гільз циліндрів двигуна Д- 240, 2) по виборі антифрикційних матеріалів, що забезпечують найкращі результати фінішної обробки гільз циліндрів. Обидва етапи лабораторних досліджень проводилися на серійному вертикально-свердлувальному верстаті 2A125 із застосуванням розроблених пристроїв для фрикційно-механічної обробки робочої поверхні гільзи і для кріплення гільз двигуна Д- 240. Обробка гільз здійснювалася натиранням (із застосуванням брусків з латуні) антифрикційними матеріалами, що містяться в мастильному середовищі (моторному мастилі).

При моделюванні число реалізацій визначалося з умови отримання помилки не більше 0,05. При цьому використовувався метод статистичного моделювання.

На першому етапі лабораторних досліджень по виборі режиму обробки гільз як чинників були прийняті: час обробки t , окружна швидкість натираючих брусків v і контактний тиск P . Діапазон зміни часу обробки при з'ясуванні її оптимального режиму приймався від 5 до 30 хв. Верхнє значення часу вибране виходячи з того, що велика тривалість обробки на етапі впровадження у виробництво істотно б збільшувала загальний час обробки гільз циліндрів двигуна і впливала б на економічну доцільність застосування

цієї операції. Окружна швидкість змінювалася від 0,56 до 7,83 м/с, а контактний тиск від 0,1 до 4,2 МПа. Ці інтервали були вибрані виходячи з технічних характеристик устаткування.

На другому етапі лабораторних досліджень за визначенням найбільш ефективних антифрикційних матеріалів використовувалися гільзи двигуна Д-240, які оброблялися різними матеріалами на режимі, визначеному на першому етапі випробувань. Матеріали для проведення випробувань були вибрані наступні: Liqui Moly Oil Additiv (Ликви), RVS Engine Treatment (PBC), СУРМ прискорена обкатка (СУРМ-УО), Renom Engine (Реном), Ресурс, Е3000 (Енергія), композиція ТСК-В100+СУРМ-КВ (ТСК+СУРМ). Їх вибір відбувався на основі їх приналежності до різних груп по складу і механізму дії. Композиції масла з вибраними матеріалами по концентрації були складені згідно з інструкціями виробників.

Ефективність обробки оцінювалася за допомогою виміру параметрів шорсткості поверхні. Вимірювали наступні параметри шорсткості : R_a , R_z , R_{max} . Виміри вироблялися до обробки гільзи (після хонінгування) і після обробки антифрикційними матеріалами. Шляхом порівняння і аналізу цих параметрів, по мінімізації шорсткості з'ясовувалися раціональні значення режиму обробки і ефективні матеріали.

Як об'єкт дослідження використовувалася циліндро-поршнева група дизельного двигуна Д- 240. У цій частині досліджень використовувалися гільзи, оброблені на режимі, визначеному на першому етапі лабораторних досліджень, матеріалами, визначеними на другому етапі лабораторних досліджень.

Як мастильний матеріал для проведення прироблення вибрано моторне мастило М-10Г2 ГОСТ 8581-78, яке застосовується при роботі дизельного двигуна Д- 240.

При проведенні стендових досліджень контролювалися наступні параметри:

- механічні втрати на тертя, для виміру яких в електричну схему стенду був включений трифазний лічильник електроенергії з функцією виміру поточної потужності втрат;
- температура в зоні тертя вимірювалася за допомогою хромелькопелевой термопари ТХК, яка з'єднувалася з вхідним датчиком мікропроцесорного програмованого вимірника типу 2ТРМОА-Щ1.ТП з класом точності 0,5;
- тиск стискування контролювався манометром;
- шорсткість поверхні вимірювалася за допомогою пертометра М2.

Значення механічних втрат, температури і тиску стискування вимірювалися протягом усього часу експерименту, а значення параметрів шорсткості вимірювалися до і після його проведення.

1.3. Результати експериментальних досліджень

Для визначення оптимального режиму обробки гільз циліндрів двигуна Д- 240 був використаний метод планування багатофакторного експерименту. Як план експерименту був використаний центральний ротатабельний композиційний план, який дозволив отримати математичні моделі впливу чинників, визначених в третій главі (час t , швидкість v , навантаження P), на прийняті функції відгуку: Ra - середньоарифметичне значення відхилень профілю поверхні, Rz - висота профілю по десяти точках.

Після проведення усіх дослідів згідно плану трьохфакторного експерименту, проводилися виміри параметрів шорсткості поверхні оброблених поясів гільз. При обробці даних були отримані моделі $Ra=f(t, v, P)$ і $Rz=f(t, v, P)$ після чого вироблялася перевірка їх адекватності і статистичної значущості коефіцієнтів. Перевірку статистичної значущості коефіцієнтів моделі проводили за допомогою критерію Стьюдента. Перевірка адекватності здійснювалася за критерієм Фішера.

В результаті аналізу коефіцієнтів на статистичну значущість і поліномів на адекватність, моделі набрали вигляду:

$$Ra = 1,731 - 0,024 \cdot t - 0,021 \cdot v - 0,718 \cdot P - 0,005 \cdot v \cdot t + 0,032 \cdot v \cdot P + 0,002 \cdot t \cdot P + 0,001 \cdot t^2 - 0,001 \times v^2 + 0,093 \cdot P^2; \quad (8)$$

$$Rz = 9,987 + 0,202 \cdot t + 0,376 \cdot v - 3,724 \cdot P - 0,03 \cdot v \cdot t + 0,04 \cdot v \cdot P + 0,019 \cdot t \cdot P + 0,007 \cdot t^2 - 0,001 \times v^2 + 0,522 \cdot P^2, \quad (9)$$

при $t = 5 \div 30$ хв, $v = 0,56 \div 7,83$ м/с, $P = 0,1 \div 4,2$ МПа.

В результаті аналізу отриманих рівнянь і рішення оптимізаційної задачі методом найшвидшого спуску були отримані параметри режиму обробки, відповідного мінімальному значенню шорсткості (табл. 2).

Таблиця 2

Раціональні параметри режиму обробки гільз циліндрів антифрикційними матеріалами і значення параметрів шорсткості

Час, хв	Швидкість, м/с	Навантаження, МПа	Параметри шорсткості, мкм	
			Ra	Rz
t	v	P	Ra	Rz
22	5,53	2,95	0,27	2,77

Аналіз моделей (8) і (9) показав, що швидкість обробки вище 4 м/с мало впливає на параметри шорсткості. Для наочного представлення характеру залежностей Ra і Rz від чинників були отримані моделі залежностей $Ra = f(t, P)$ і $Rz = f(t, P)$ при $v = \text{const} = 5,53$ м/с, які виражені у вигляді тривимірних графіків на рис. 3

Найбільш наочний вплив фінішної обробки гільз циліндрів на мікрогеометрію їх робочих поверхонь ілюструють профілограми, представлені на рис. 4. В результаті обробки профілограм було з'ясоване, що опорна довжина профілю поверхні гільз збільшується в 2-2,5 разу після фінішної обробки в порівнянні з поверхнею гільзи після хонінгування, виходячи з чого можна стверджувати, що експериментальні дані відповідають розрахунковим.

В результаті аналізу рівнянь регресії за допомогою методу найшвидшого спуску і аналізу характеру цих залежностей були прийняті

наступні раціональні параметри режиму обробки : 1) час обробки $t=20$ хв (діапазон 18-30 хв), 2) швидкість інструменту $v=5,5$ м/с (діапазон 4,0-7,6 м/с), 3) навантаження інструменту на гільзу $P=3$ МПа (діапазон 2,0-3,4 МПа).

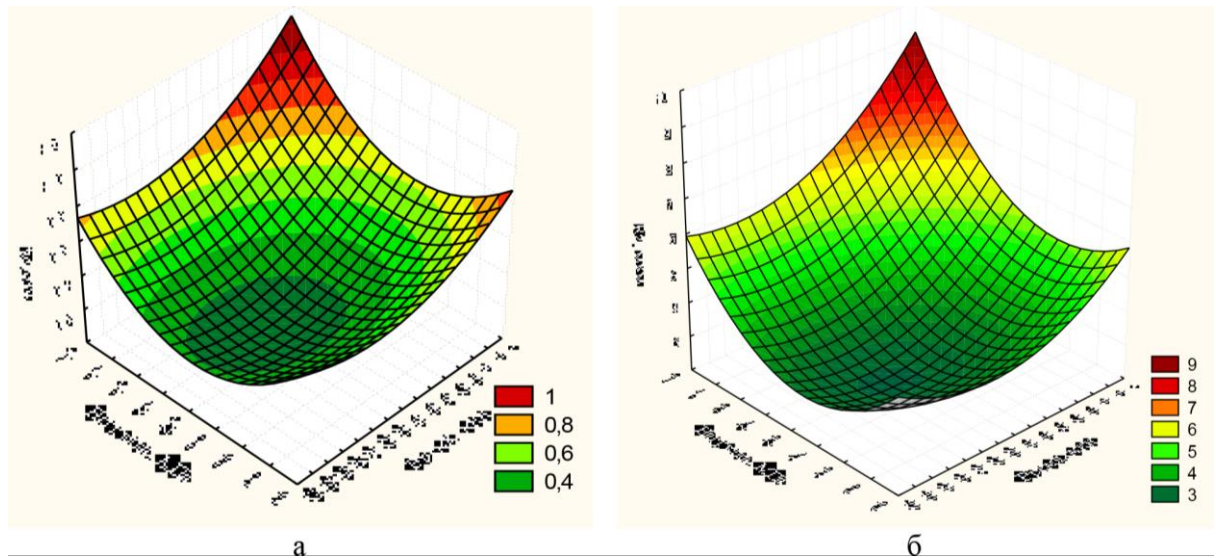


Рис. 3. Залежності параметрів шорсткості від часу обробки t і навантаження P при швидкості інструменту $v = 5,53$ м/с:

$a - Ra$; $b - Rz$

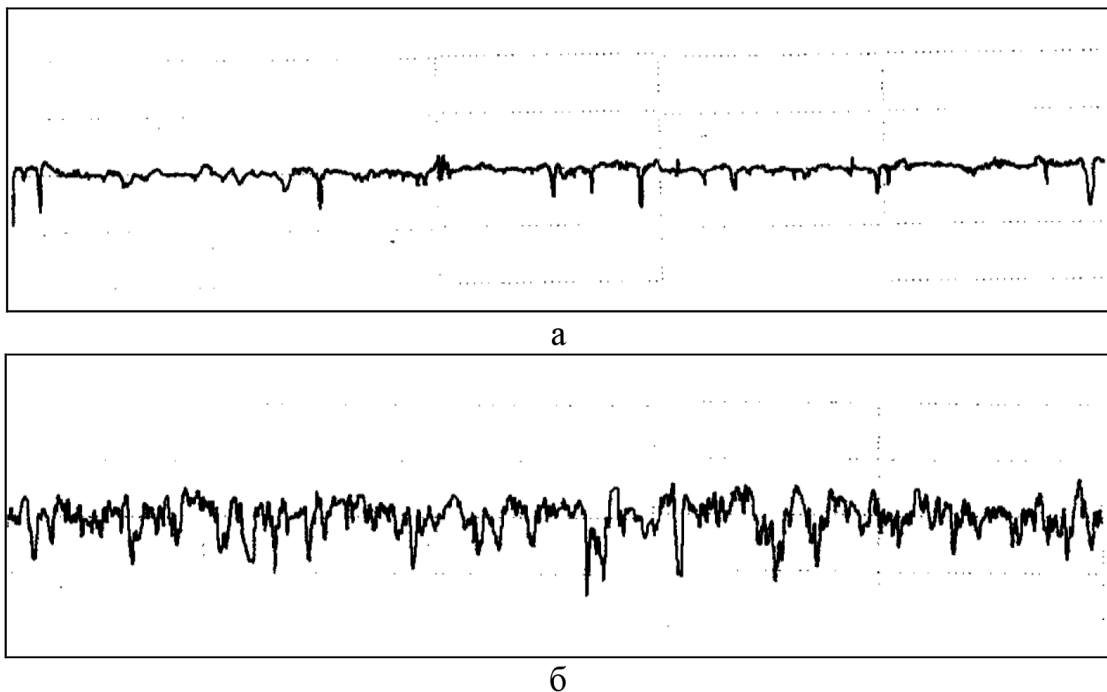


Рис. 4. Профілограми поверхні гільз циліндрів:

a - після фінішної обробки антифрикційними матеріалами; b - до обробки

Попередня оцінка впливу матеріалів на зміну мікрогеометрії поверхні гільз при їх фінішній обробці і вибір найкращих матеріалів, вживаних для обробки, вироблені на основі однофакторного експерименту з вісьмома рівнями. Рівні чинника мають якісний характер. Ефективність застосування матеріалів оцінювалася по мінімізації значень параметрів шорсткості обробленої поверхні.

Як функції відгуку вибрані:

- середнє арифметичне відхилення профілю шорсткості поверхні гільзи Ra ;
- середня висота нерівностей профілю по десяти точках Rz ;
- максимальна висота нерівностей профілю R_{max} .

Як було сказано, для оцінки ефективності застосування матеріалів при фінішній обробці гільз циліндрів були відібрані наступні: Liqui Moly Oil Additiv (Лікві), RVS Engine Treatment (PBC), СУРМ прискорена обкатка (СУРМ УО), Renom Engine (Реном), Ресурс, Е3000 (Енергія), ТСК-В100+СУРМ-КВ (ТСК+СУРМ).

Після обробки цими препаратами проводилися виміри параметрів шорсткості поверхні оброблених поясів гільз, результати яких приведені на рис. 5.

Для обробки результатів експерименту був використаний дисперсійний аналіз, який зводився до виявлення впливу обробки гільз циліндрів різними матеріалами на величину функцій відгуків. Для аналізу досвідчених даних вироблялася перевірка однорідності дисперсій за допомогою критерію Кохрена. Далі вироблялася перевірка за критерієм Фішера. За критерієм Кохрена було визначено, що дисперсії однорідні, а за критерієм Фішера з вірогідністю 0,95 було доведено вплив обробки матеріалами ТСК+СУРМ, СУРМ-УО і РВС на шорсткість поверхні.

Після визначення раціонального режиму обробки і ефективних матеріалів були проведені стендові випробування. Гільзи двигуна Д- 240 були заздалегідь оброблені композиціями з матеріалами ТСК+СУРМ, СУРМ-

УО і РВС на вибраному режимі. Кожен експеримент тривав 150 хв. В процесі проводилися виміри температури, потужності, тиску стискування.

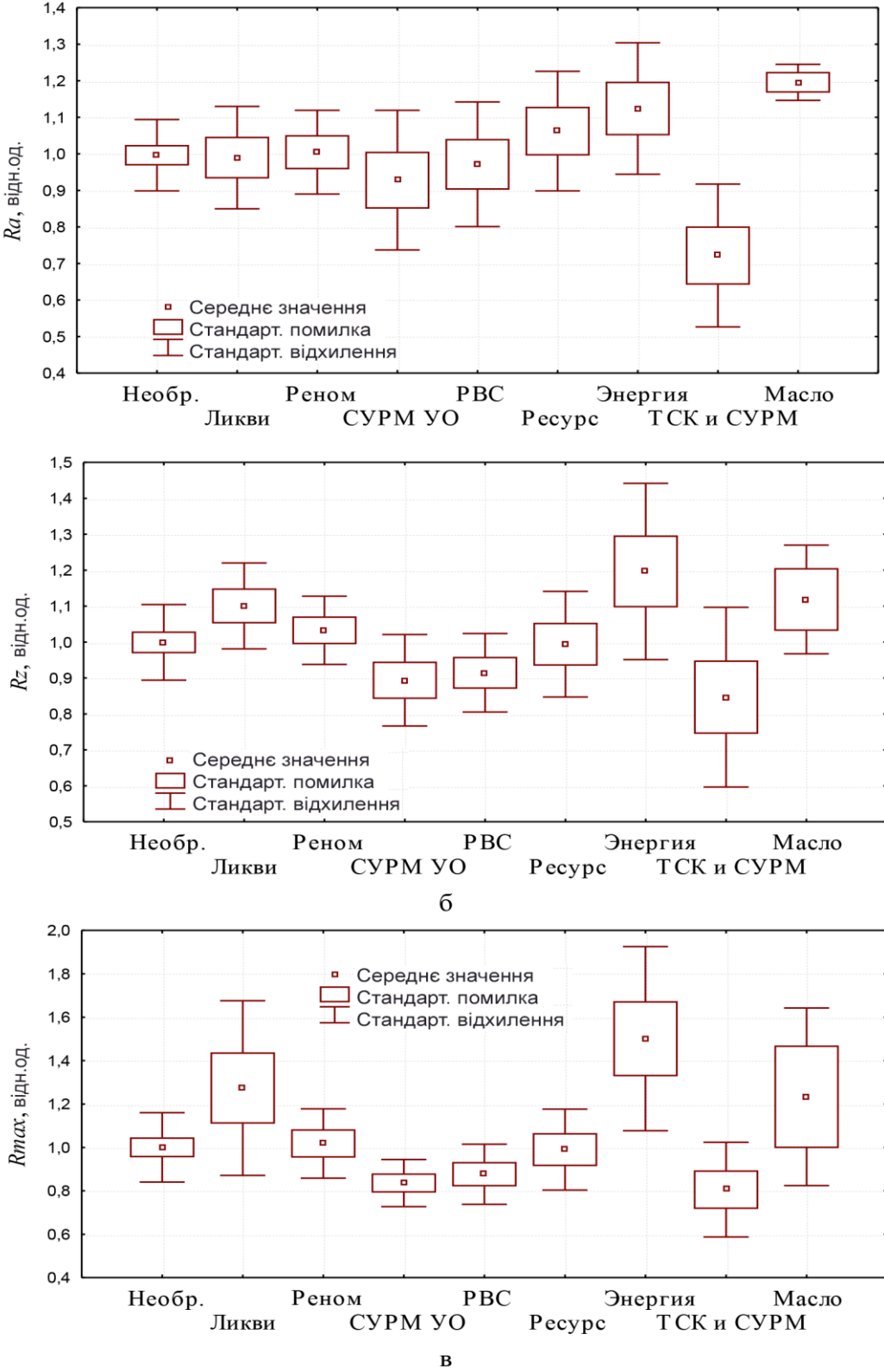


Рис. 5. Параметри шорсткості після фінішної обробки гільз циліндрів антифрикційними матеріалами:
 $a - Ra$; $б - Rz$; $в - Rmax$

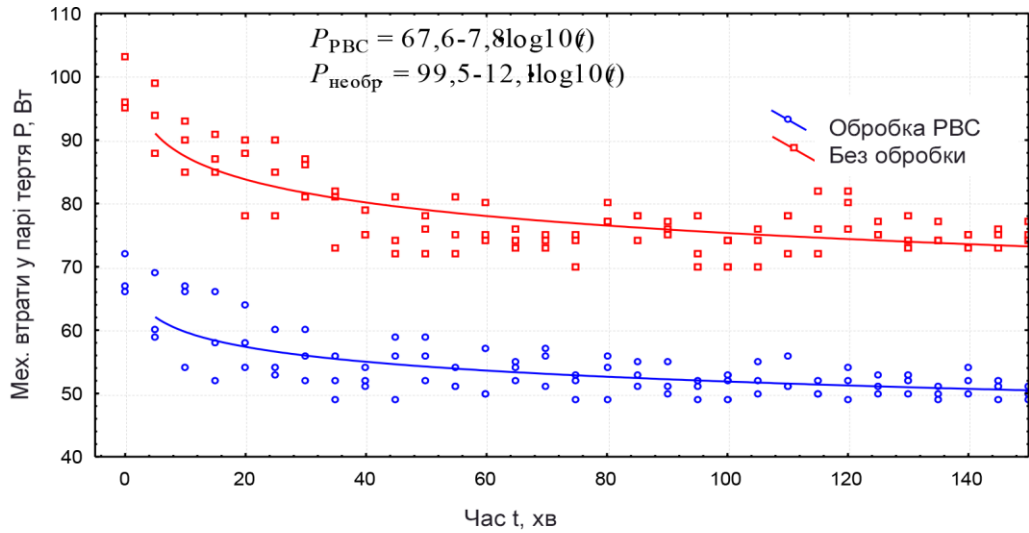
Температура в процесі прироблення спочатку збільшується, а потім, після формування оптимальних характеристик поверхонь тертя в цих умовах, стабілізується на певному рівні, що означає настання рівноважного стану процесу тертя і закінчення процесу прироблення.

Експериментальні дані показали, що температура при обкатці гільзи, обробленою РВС, стабілізувалася на значенні 38 °С (після 50 хв. досвіду); гільзи, обробленою ТСК+СУРМ, на значенні 37 °С (після 50 хв. досвіду); гільзи, обробленою СУРМ-УО, на значенні 36,5 °С (після 40 хв. досвіду); необробленої гільзи (після хонінгування) на значенні 40 °С (після 110 хв. досвіду). Це дозволило зробити висновок про те, що фінішна обробка гільз циліндрів препаратами РВС, ТСК+СУРМ і СУРМ-УО не веде до збільшення температури в зоні тертя при обкатці ЦПГ.

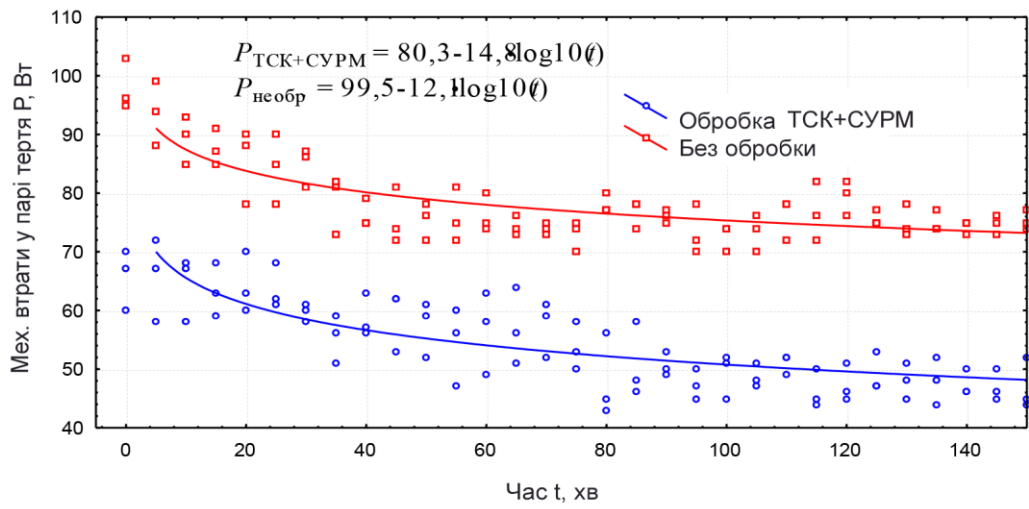
Потужність механічних втрат також служить об'єктивним критерієм процесів в парі тертя. В ході прироблення механічні втрати поступово зменшуються і стабілізуються при закінченні процесу.

Після отримання даних по потужності механічних втрат, вони були оброблені, внаслідок чого побудовані графіки залежності механічних втрат від часу прироблення, представлені на рис. 6. Він ілюструє, що значення механічних втрат (відповідно і коефіцієнт тертя) при приробленні пари тертя "кільце-гільза" після попередньої обробки матеріалами РВС, ТСК+СУРМ і СУРМ-УО, в початковий період процесу прироблення нижче, ніж механічні втрати у кінці періоду стендового прироблення необробленої гільзи на 5-19%.

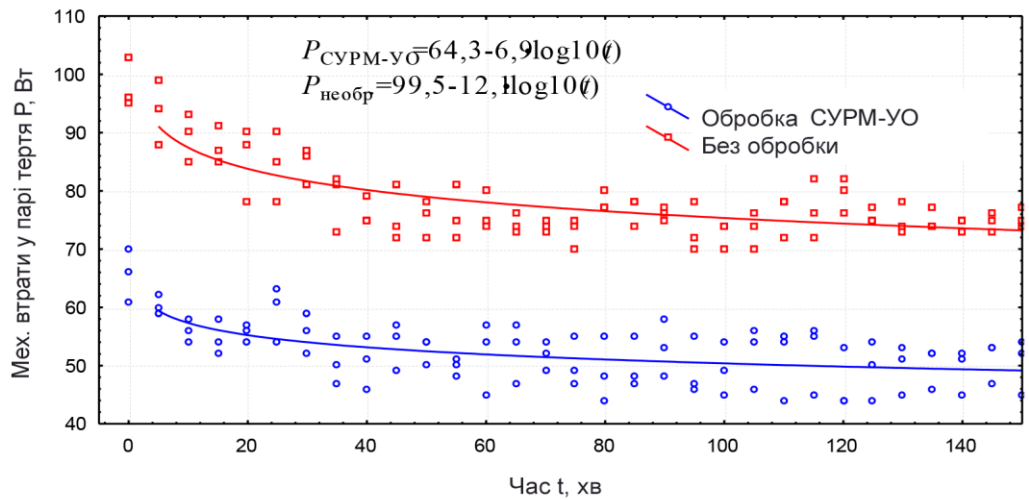
Також в процесі експерименту вимірювалося значення тиску стискування, середньоарифметичне значення якого показує його збільшення при випробуваннях гільз, оброблених антифрикційними матеріалами : на 5% для обробки ЯУБ, на 8% для обробки ТСК+СУРМ, на 7% для обробки СУРМ-УО в порівнянні з необробленою гільзою.



а



б



в

Рис. 6. Залежності механічних втрат від часу прироблення гільз, оброблених:

а – PVC; б - TSK+СУРМ;

в - СУРМ-УО порівняно з необробленою гільзою

Одним з найважливіших параметрів, по якому можна оцінювати прироблення деталей являється шорсткість поверхні, тому були проведені дослідження мікрогеометрії робочих поверхонь. До і після проведення стендових досліджень були проведені виміри параметрів шорсткості робочої поверхні гільз циліндрів двигуна Д- 240 із застосуванням пертометра М2, результати яких ілюструє рис. 7.

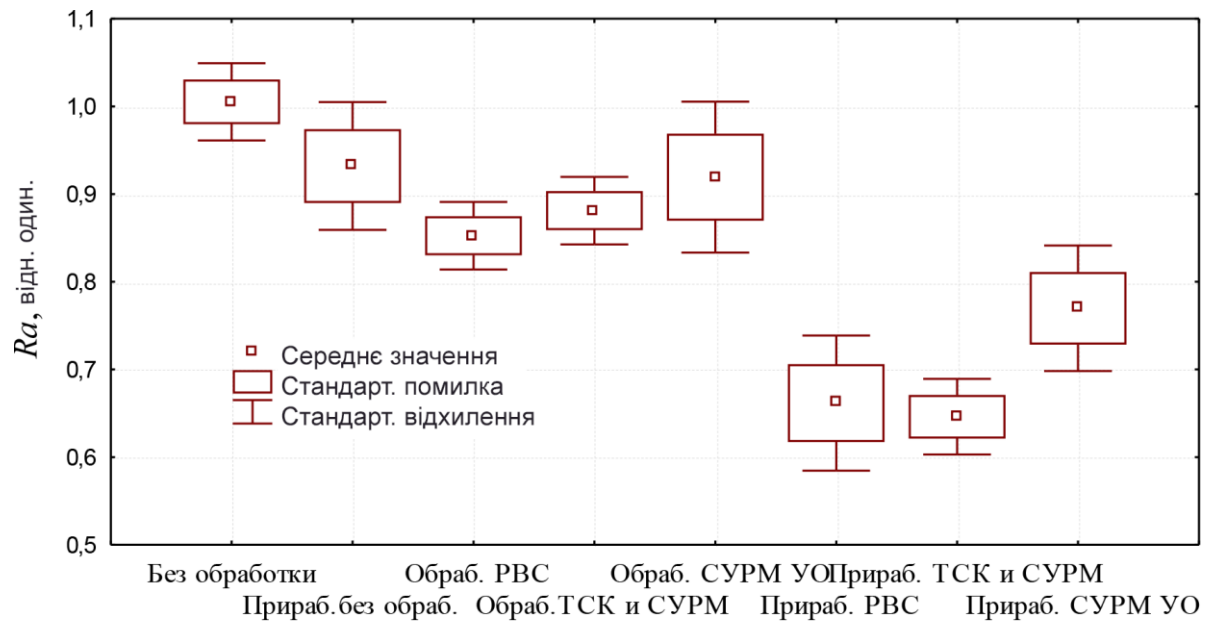


Рис. 7. Параметр шорсткості Ra робочій поверхні гільз циліндрів при фінішній обробці антифрикційними матеріалами і приробленні

Найнаочніше можна побачити відмінності шорсткості поверхонь при приробленні гільз після фінішної обробки антифрикційними матеріалами і при приробленні гільз без фінішної обробки з профілограм, приведених на рис. 3.8 (масштаб профілограм однаковий).

З профілограм (див. рис. 8) виходить, що при фінішній обробці матеріалами РВС, ТСК+СУРМ, СУРМ-УО збільшуються опорна поверхня і радіус вершин профілю при приробленні. Це сприяє зменшенню контактного тиску і можливості збільшення навантажень в парі тертя "гільза-поршневе кільце".

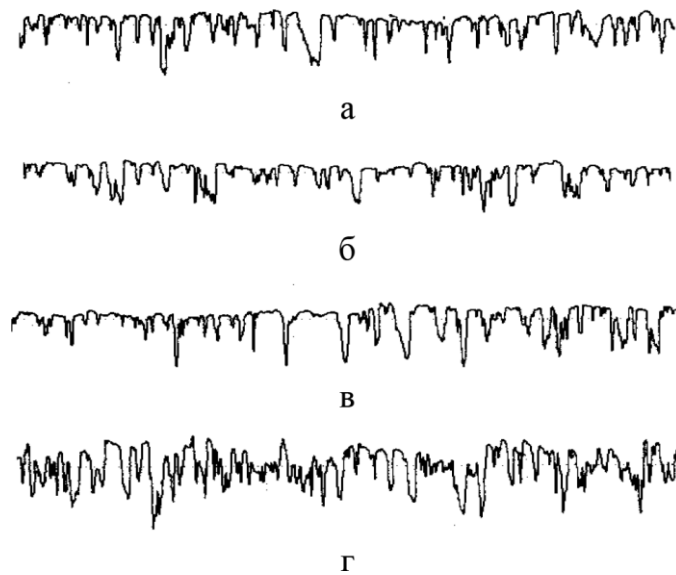


Рис. 8. Профілограми робочої поверхні гільз після прироблення:
а, б, в - оброблених РВС, ТСК+СУРМ і СУРМ-УО відповідно,
г – без фінішної обробки

Досліджуючи мікрогеометрію робочих поверхонь гільз циліндрів двигуна Д- 240 (див. рис. 7) можна зробити висновок про доцільність включення операції їх фінішної обробки композиціями ТСК+СУРМ-КВ, СУРМ-УО і РВС, оскільки після цієї обробки значення параметрів шорсткості знаходяться на такому ж рівні, як і після стенової обкатки за типовою технологією (гільз після хонінгування), а після прироблення поверхонь знижуються ще на 20-25%.

2. РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПРЕЦИЗІЙНОГО ЛАТУНЮВАННЯ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ

Суть способу і пристрою для його здійснення пояснюється кресленнями, де на рис. 9 показаний загальний вигляд схеми способу прецизійного латунювання гільз циліндрів і деталі типу втулка з перерізом А-А.

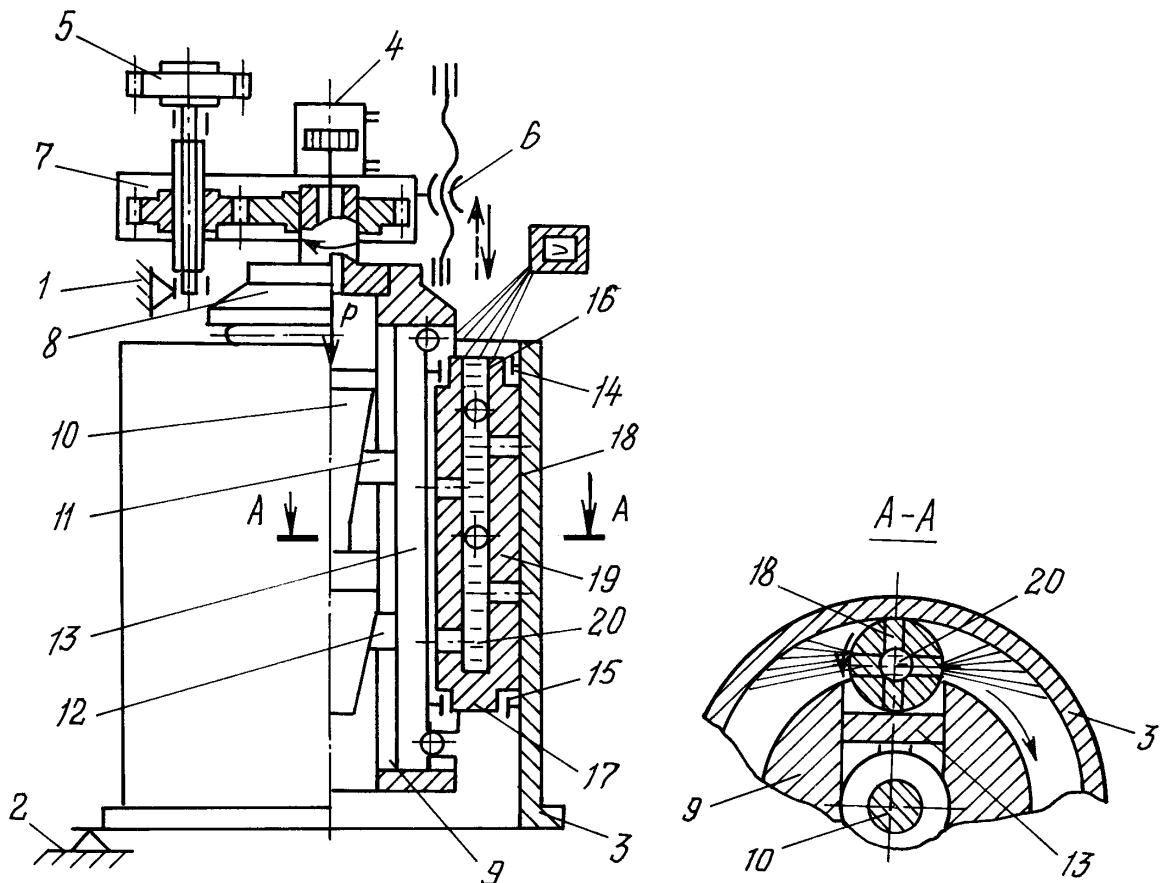


Рис. 9. Загальний вигляд схеми способу прецизійного латунювання гільз циліндрів та деталей типу втулка

На рис. 10 показаний загальний вигляд пристрою для прецизійного латунювання гільз циліндрів і деталі типу втулка з перерізом Б-Б.

Спосіб прецизійного латунювання гільз циліндрів і деталі типу втулка на рис. 9 виконують за схемою конструкції, що містить: станину 1 зі встановленою на столі 2 оброблюваною деталлю 3; зусиллям P силового циліндра 4 забезпечують задану величину тиску обробки, а приводами

коробки швидкостей 5 і реверсивного механізму 6 через шпindel 7 надають обертальне і зворотно-поступальне рухи інструментальному вузлу 8.

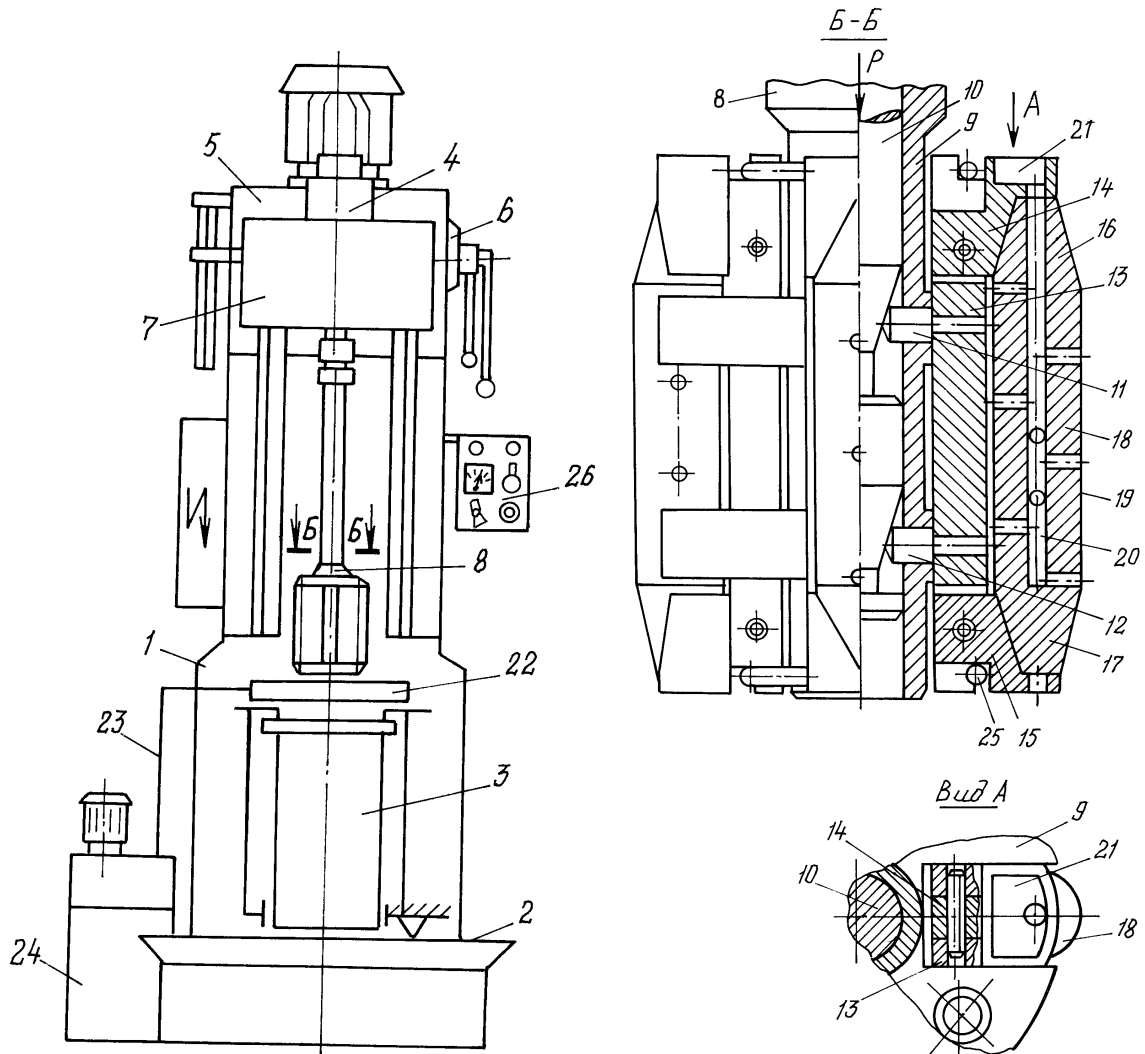


Рис. 10. Загальний вигляд пристрою для прецизійного латунювання гільз циліндрів і деталі типу втулка

Під дією зусилля P подовжнім переміщенням вниз розташованого в корпусі 9 розтискного конуса 10 забезпечують радіальну подачу плунжерів 11 і 12, колодки 13 зі встановленими в опорах 14 і 15 опорними частинами 16 і 17 натираючого ролика 18 до створення заданої величини тиску між витратною частиною 19 і оброблюваною поверхнею 3 надають натираючому ролику 18 додатковий обертальний рух в напрямі, протилежному до напрямку обертання інструментального вузла 8, з частотою обертання, залежною від

заданої частоти обертання інструментального вузла 8 і величини відношення діаметру оброблюваної поверхні деталі 3 до діаметру натираючого ролика 18, наприклад при заданій частоті обертання інструментального вузла 8, відповідною 2,5 об/хв (150 об/хв), і діаметрах оброблюваної поверхні деталі 3 величиною 207 мм, натираючого ролика 16 величиною 30 мм частота додаткового обертання натираючого ролика 18 складе 17,25 об/хв (1035,0 об/хв) з розрахунку $n_p = 2,5 \cdot 207 : 30 = 17,25$ об/хв і у міру зносу діаметру витратної частини 19 в процесі нанесення покриття частота обертання натираючого ролика 18 відповідно зростає. Подачею високонапірного струменя технологічній рідині додатковим обертанням натираючого ролика 18 з порожнини внутрішнього колодязя 20 через радіальні отвори витратної частини 19 здійснюють випереджаюче очищення від продуктів забруднення по глибині рельєфу мікронерівностей зони обробки і змочування її шаром технологічної рідини завтовшки, співвимірній висоті шорсткості оброблюваної поверхні деталі 3, яка при цьому отримує щільний прецизійний контакт з поверхнею витратної частини 19 натираючого ролика 18, і створюють оптимальні умови нанесення покриттів протизносу і антифрикційних з пластичних металів (латуні, бронзи, міді) на поверхню деталі 3 процесом виборчого перенесення пластичних металів при терті в середовищі технологічної рідини з витратної частини 19 натираючого ролика 18 при одночасній зміцнюючій обробці поверхнево-пластичною деформацією технологічною операцією розкочування роликками, деталі, що додатково підвищує експлуатаційні властивості, і адгезійне схоплювання пластичних металів, що наносяться, з матеріалом оброблюваної деталі, при величинах параметрів режиму обробки :

- матеріал натираючого ролика - латунь, бронза, мідь;
- питоме навантаження (тиск) контакту ролик-деталь - 80...120 МПа;
- швидкість зворотно-поступального руху інструментального вузла - 0,22...0,28 м/с;
- частота обертання інструментального вузла - 2,8...3,5 об/хв;

- кількість натираючих роликів інструментального вузла - 3...4 шт.;
- величина відношення діаметру оброблюваної поверхні деталі до діаметру натираючого ролика в межах 6...8;
- склад технологічної рідини за регламентом техпроцесса.

Пристрій для прецизійного латунювання гільз циліндрів і деталі типу втулка по рис. 10 містить станину 1 зі встановленою на столі 2 оброблюваною деталлю 3; силовий циліндр 4; коробку швидкостей 5 і реверсивний механізм 6, пов'язані приводами обертального і зворотно-поступального рухів з шпинделем 7, на якому закріплений інструментальний вузол 8, включаючий корпус 9, усередині якого уздовж подовжньої осі розміщений розтискний конус 10, який подовжнім переміщенням під дією зусилля P силового циліндра 4 контактує з розташованими в тих, що радіальних напрямляють корпуси 9 плунжерами 11 і 12, жорстко сполученими з укладеними в рівномірно нарізаних по зовнішній поверхні корпусу 9 подовжніх пазах колодками 13, виконаними у вигляді прямокутного паралелепіпеда з прорізами на торцях, в які шліцами встановлені і нерухомо закріплені верхня опора 14 і нижня опора 15, що мають робочі поверхні у вигляді частини внутрішнього усіченого конуса, отриманої перерізом площини, що проходить по дотичній до кола вершини усіченого конуса і паралельної верхньої грані колодки 13; встановлений виконаними у вигляді усічених конусів верхньою опорною частиною 16 у верхню опору 14 і нижньою опорною частиною 17 в нижню опору 15 натираючий ролик 18, у витратній частині 19 якого виконані радіальні отвори, що сполучаються з порожниною внутрішнього колодязя 20, виконаного усередині витратної частини 19 з вхідним отвором в центрі торця верхньої опорної частини 16, подовжня вісь якого співпадає з подовжньою віссю зливного отвору, розміщеного на верхній опорі 14 зовнішнього колодязя 21, порожнина якого при робочих положеннях інструментального вузла 8 орієнтована на зону подачі технологічної рідини кільцевим спреєром 22, розміщеним над оброблюваною деталлю 3 і сполученим

трубопроводом 23 з місткістю 24 станції очищення і подачі технологічної рідини; кільцеві пружини 25, що забезпечують повернення в початкове положення колодок 13 з натираючими роликками 18 і плунжерами 11 і 12 після зняття зусилля Р силового циліндра 4 з розтискного конуса 10 після закінчення циклу обробки; пульт 26 для управління роботою вузлів і агрегатів пристрою.

Пристрій для здійснення способу прецизійного латунювання гільз циліндрів і деталі типу втулка на рис. 10 працює від пульта управління 26, в якому натисненням кнопки "Введення" включають подачу вниз шпинделя 7 з силовим циліндром 4 і здійснюють введення інструментального вузла 8 в оброблюваний отвір деталі 3, закріпленою на столі 2. Натисненням кнопки "Цикл" одночасно включають: коробку швидкостей 5 і реверсивний механізм 6, які через привід шпинделя 7 надають інструментальному вузлу 8 обертальне і зворотно-поступальне рухи робочого ходу; подачу з місткості 24 через кільцевий спреєр 22 технологічних рідини в зону обробки; зусилля Р силового циліндра 4, яким подовжнім переміщенням вниз в корпусі 9 розтискного конуса 10 забезпечують радіальну подачу плунжерів 11 і 12, колодок 13 з натираючими роликками 18 до надання заданої величини тиску в зоні контакту витратної частини 19 з оброблюваною поверхнею деталі 3 і додаткового обертання високої частоти натираючих роликків 18 відносно подовжніх осей, при якому, подаючи кільцевим спреєром 22 через зовнішній колодязь 21 в порожнину внутрішнього колодязя 20 технологічну рідину високонапірним струменем з радіальних отворів витратної частини 19, здійснює випереджаюче очищення від продуктів забруднення по глибині рельєфу мікронерівностей зони обробки і змочування її шаром технологічної рідини завтовшки, співвимірній висоті шорсткості оброблюваної поверхні деталі 3, що дозволяє створити щільний контакт з поверхнею витратної частини 19, пластичні метали якої виборчим перенесенням при терті прецизійного латунювання наносять на оброблювану поверхню деталі 3 у вигляді латунних, бронзових або мідних покриттів завтовшки 1..3 мкм при

одночасному наклепанні завглибшки 70..80 мкм матеріалу деталі 3 поверхнево-пластичною деформацією розкочуванням натираючими роликками 18. При завершенні процесу натисненням кнопки "Кінець циклу" пульта управління 26 відключається обертальне і зворотно-поступальне рухи інструментального вузла 8, подача технологічної рідини кільцевим спреєром 22, зусилля Р силового циліндра 4, кільцеві пружини 25 переміщенням вверх розтискного конуса 10 зводять по тих, що направляють корпуси 9 плунжерів 11 і 12, колодки 13 з натираючими роликками 18, шпиндель 7 з інструментальним вузлом 8 переміщаються у верхнє початкове положення. Після зміни оброблюваної деталі 3 на столі 2 цикли процесу обробки повторюють.

ВИСНОВКИ

1. Теоретичний розрахунок параметрів робочої поверхні гільзи циліндра двигуна Д- 240 при їх фінішній обробці із застосуванням спеціальних антифрикційних матеріалів показав збільшення опорної поверхні в 2 рази (з 0,2 до 0,4 від номінальної площі поверхні на рівні середньої лінії профілю) і отримання шорсткості $Ra=0,27$ мкм, що близько до значень після стендової обкатки. Це доводить можливість застосування цієї обробки з метою зменшення часу прироблення ЦПГ і поліпшення характеристик поверхонь, що приробляються.

2. Фінішну обробку гільз циліндрів двигуна Д- 240 антифрикційними матеріалами слід проводити при контактному тиску робочого інструменту (латунних брусків) на поверхню гільзи - 3 МПа, швидкості робочого інструменту - 5,5 м/с, часу обробки гільзи - 20 хв.

3. Фінішна обробка гільз із застосуванням композицій ТСК-В100+СУРМ-КВ, СУРМ-УО і РВС дозволяє: а) понизити механічні втрати на тертя в ЦПГ на 5-19% на початку процесу обкатки після обробки в порівнянні з механічними втратами у кінці холодної обкатки без фінішної обробки гільз, б) отримати параметри шорсткості після фінішної обробки такі ж, як після холодної обкатки без додаткової обробки гільз, в) збільшити опорну поверхню в 2-2,5 разу (з 0,2-0,25 до 0,4-0,5 від номінальної площі поверхні на рівні середньої лінії профілю), що підтверджує розрахункові дані.

4. Остаточна обробка гільз композиціями на основі антифрикційних матеріалів ТСК-В100+СУРМ-КВ, СУРМ-УО і РВС дозволяє забезпечити значення параметрів робочої поверхні гільз (зменшення шорсткості, збільшення опорної поверхні) що наближаються до їх значень після холодної обкатки, отже дозволяє збільшити контактні навантаження в сполученні "гільза - поршневе кільце" після цієї обробки і зменшити час стендової обкатки (до значень, необхідних для прироблення інших сполучень двигуна).

5. Застосування фінішної обробки гільз циліндрів антифрикційними матеріалами дозволяє збільшити ресурс ЦПГ відремонтованих двигунів на 10-15% за рахунок зниження припрацювального зносу.

6. Розроблений спосіб і пристрій прецизійного латунювання гільз циліндрів і деталі типу втулка забезпечують при нанесенні покриттів з пластичних металів:

- високу продуктивність процесу;
- стабільна і висока якість отримуваних покриттів;
- підвищення чистоти обробленої поверхні;
- мінімальна витрата матеріалів;
- низька витрата механічної енергії;
- заміну дорогих способів зміцнюючої обробки поверхні;
- можливість автоматизації процесу нанесення покриттів;
- екологічну безпеку довкілля.

Використання способу і пристрою прецизійного латунювання в практиці виробництва і ремонту техніки забезпечує підвищення зносостійкості деталей зчленування в 2 рази, зниження коефіцієнта тертя в 3..4 рази і часу на припрацювання обкатку машин в 6...7 разів, підвищення протизадірної здатності пар тертя в 1,5 рази.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автомобильный справочник / КЖИ «За рулем»; гл. ред. В.В. Аверкиев, пер. с англ. Г.С. Дугин, К.И. Комаров, Ю.В. Онуфрийчук. - М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. - 992 с.
2. Балабанов В.И. Финишная антифрикционная безабразивная обработка деталей дизелів / В.И. Балабанов // Тракторы и сельхозмашины. - 1996. - №12. - С. 23-25.
3. Балабанов В.И. Трение, износ, смазка и самоорганизация в машинах / В.И. Балабанов, В.И. Беклемышев, И.И. Махонин. - М. : Изумруд, 2004. - 192 с.
4. Бараболя А.В. Формирование поверхностей гильз цилиндров ДВС методом антифрикционного плосковершинного хонингования : автор, дисс. . канд. техн. наук / А.В. Бараболя. - Киев, 1987. – 188 с.
5. 10. Бауман В.Н. и др. Использование зарубежных функциональных присадок (пакетов присадок) в моторные масла российского производства // Двигателестроение. 2002. - №3. - С. 43-44.
6. Быстров В.Н.. Финишная антифрикционная безабразивная обработка в металлоплакирующих середях / В.Н. Быстров, А.К. Прокопенко // Трение, износ и смазочные материалы: труды Всесоюзной конференции. - Ташкент, 1985. - Т. 5. - С. 8-9.
7. Гаркунов Д.Н. Влияние фрикционного бронзирования и латунирования на качество поверхности / Д.Н. Гаркунов, В.Н. Лозовский // Труды семинара по качеству поверхности. - 1961. - №5. - С. 386-391.
8. ГОСТ 20831-75. Система технического обслуживания и ремонта техники. Порядок проведения работ по оценке качества отремонтированных изделий.
9. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхностей. Параметры и характеристики.

10. Двигатели внутреннего сгорания. Динамика и конструирование : учебник для вузов. В 3 кн. Кн. 2. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Под ред. Луканина В.Н. и Шатрова М.Г. - М. : Высшая школа, 2005. - 254 с.
11. Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей : учебник для студентов вузов. 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1985. – 144 с.
12. Демкин Н.Б. Фактическая площадь касания твердых поверхностей / Н.Б. Демкин. - М. : Изд-во АН СССР, 1962. - 112 с.
13. Демкин Н.Б. Характеристики микрогеометрии, определяющие контактное взаимодействие шероховатых поверхностей / Н.Б. Демкин. - М. : НИИ инф. по машиностроению, 1973. - 32 с.
14. Избирательный перенос при трении : сб. науч. статей / Под ред. Д.Н. Гаркунова. - М. : Наука, 1975. - 88 с.
15. Карпенков В.Ф. Пути повышения долговечности гильз цилиндров двигателей / В.Ф. Карпенков. - Пушкино, 1996. - 132 с.
16. Карпенков В.Ф. и др. Финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБО) деталей / В.Ф. Карпенков и др. - Пушкино, 1996. – 138 с.
17. Кривенко П.М. Дизели Д-240, Д-240л, Д-241, Д-241л, Д-242, Д-242л. Технические требования на капитальный ремонт / П.М. Кривенко и др. - М. : ГОСНИТИ, 1987. – 234 с.
18. Лаборатория триботехнологии. Производство и продажа автохимии Электронный ресурс. : сайт. Режим доступа : <http://www.prodetal.ru/fiiTn206>. - Загл. с экрана.
19. Ленин И.М. Теория автомобильных двигателей / И.М. Ленин. - М. : Машгиз, 1958. – 122 с.
20. Мишин И.А. Долговечность двигателей / И.А. Мишин. - Л. : Машиностроение, 1976. – 103 с.
21. Намаконов Б.В. Повышение долговечности гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания способом ФАБО / Б.В. Намаконов,

- В.В. Кисель, В.П. Лялякин // Долговечность трущихся деталей машин : сб. статей. - М. : Машиностроение, 1990. - Вып. 4. - С. 139-144.
22. Некрасов С.С. Ускоренная обкатка автотракторных двигателей / С.С. Некрасов и др. - М. : Московский Ордена Трудового Красного Знамени институт инженеров сельскохозяйственного производства им. В.П. Горячкина, 1989. - 35 с.
23. Нигматов М.Х. Ускоренная приработка деталей после ремонта / М.Х. Нигматов. - М. : Колос, 1988. - 144 с.
24. Обработка экспериментальных данных на ЭВМ Электронный ресурс. : электронное пособие / Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, кафедра Обработки и передачи дискретных сообщений ; Г.Б. Ходасевич. Режим доступа : <http://opds.sut.ru/electronicmanuals/oed/index.htm>. - Загл. с экрана.
25. Оводов С.А. Моделирование процессов приработки деталей цилиндропоршневой группы на стенде / С.А. Оводов // Надёжность и ремонт транспортных и технологических машин в сельском хозяйстве : сборник научных трудов. - СПб : СПбГАУ, 2005. - Вып. 4. - С. 61-65.
26. Описание процесса образования металлокерамических защитных слоев (МКЗС) Электронный ресурс. / Руспромремонт : сайт. - Режим доступа : <http://www.rvs-tech.ru/rvstechmkzs.html>. - Загл. с экрана.
27. Погодаев Л.И. Влияние геомодификаторов трения на работоспособность трибосопряжений / Л.И. Погодаев // Проблемы машиностроения и надежности машин. - 2005. - №1. - С. 58-67.
28. Погодаев Л.И. Повышение надежности трибосопряжений. Материалы. Пары трения ДВС. Смазочные композиции / Л.И. Погодаев, В.Н. Кузьмин, П.П. Дудко. - СПб. : Академия транспорта РФ, 2001. - 304 с.