

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

КУЯТ ВАЛЕНТИН ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 629.3.083

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Удосконалення технічного сервісу МТП з розробкою
пристосування для перевірки технічного стану ЦПГ і клапанів
двигунів**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Куят В.В.

Керівник роботи

Міненко С.В.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2024

АНОТАЦІЯ

Куят Валентин Васильович. Удосконалення технічного сервісу МТП з розробкою пристосування для перевірки технічного стану ЦПГ і клапанів двигунів. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

Кваліфікаційна робота присвячена удосконаленню технічного сервісу машинно-тракторного парку (МТП) шляхом розробки спеціального пристосування для перевірки технічного стану циліндро-поршневої групи (ЦПГ) і клапанів двигунів. В сучасних умовах експлуатації сільськогосподарської техніки виникає нагальна потреба в забезпеченні високої якості технічного обслуговування та ремонту, що в свою чергу впливає на продуктивність і довговічність машин.

В проекті проведено аналіз існуючих методів і засобів діагностики технічного стану ЦПГ і клапанів двигунів. Визначено основні недоліки та обмеження сучасних пристосувань, які використовуються в сервісних центрах. На основі цього аналізу було розроблено нове пристосування, яке дозволяє здійснювати більш точну і швидку перевірку технічного стану цих елементів двигуна.

Розроблене пристосування забезпечує зменшення трудомісткості та часу на проведення діагностики, підвищує точність вимірювань та покращує якість ремонту.

Основні технічні характеристики пристосування, принцип його роботи та методика використання детально описані у відповідних розділах проекту.

Ключові слова: машинно-тракторний парк, циліндро-поршнева група, ремонт, технічне обслуговування, шатун.

ANNOTATION

Valentin Vasilovich Kuyat. Improvement of the machine-tractor fleet technical service with the development of a device for checking the technical condition of the cylinder-piston group and engine valves. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

The qualification work is devoted to improving the technical service of the machine-tractor fleet (MTF) by developing a special device for checking the technical condition of the cylinder-piston group (CPG) and engine valves. In today's agricultural machinery operating environment, there is an urgent need to ensure high quality maintenance and repair, which in turn affects the productivity and durability of machines.

The project analyses the existing methods and means of diagnosing the technical condition of the engine cylinder head and valves. The main disadvantages and limitations of modern devices used in service centres were identified. Based on this analysis, a new device has been developed that allows for a more accurate and faster check of the technical condition of these engine components.

The device reduces labour intensity and time for diagnostics, increases measurement accuracy and improves the quality of repairs.

The main technical characteristics of the device, the principle of its operation and the method of use are described in detail in the relevant sections of the project.

Keywords: machine and tractor fleet, cylinder-piston group, repair, maintenance, connecting rod.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ПРИЧИНИ ВІДМОВ ЦИЛІНДРОПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДВИГУНІВ.....	8
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЯ БЕЗРОЗБІРНОЇ ЯКІСНОЇ ОЦІНКИ СТАНУ І ЦИЛІНДРОПОРШНЕВОЇ ГРУПИ АВТОМОБІЛЯ.....	16
РОЗДІЛ 3. ЕКСПРЕС-ОЦІНКА ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ.....	21
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ПОРШНЯ З ШАТУНОМ ПРИ РЕМОНТІ ДВЗ ТА ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДЕТАЛЕЙ ЦПГ.....	29
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	37

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В сучасних умовах розвитку сільського господарства в Україні ефективне використання машинно-тракторного парку (МТП) є одним із ключових факторів забезпечення високої продуктивності та економічної ефективності аграрних підприємств. Технічний стан сільськогосподарської техніки безпосередньо впливає на виконання агротехнічних операцій у встановлені строки, що, в свою чергу, визначає якість і кількість врожаю.

Останні роки характеризуються інтенсивним використанням машинно-тракторного парку, що призводить до підвищеного зносу основних вузлів і агрегатів. Особливо це стосується циліндро-поршневої групи (ЦПГ) і клапанів двигунів, які піддаються значним механічним та тепловим навантаженням. Тому своєчасне і якісне технічне обслуговування, а також діагностика технічного стану цих елементів є надзвичайно важливими для забезпечення безперебійної роботи МТП.

В даному дипломному проекті розглядається питання удосконалення технічного сервісу машинно-тракторного парку шляхом розробки спеціального пристосування для перевірки технічного стану ЦПГ і клапанів двигунів. Впровадження такого пристосування дозволить підвищити точність діагностики, скоротити час на проведення обслуговування та ремонту, а також знизити витрати на утримання техніки.

Актуальність теми проекту обумовлена необхідністю підвищення надійності та довговічності сільськогосподарської техніки, що є основою для стабільного розвитку аграрного сектору України.

Метою даного Метою дипломного проекту є удосконалення технічного сервісу машинно-тракторного парку (МТП) шляхом розробки та впровадження спеціального пристосування для перевірки технічного стану циліндро-поршневої групи (ЦПГ) і клапанів двигунів. Це дозволить підвищити точність діагностики,

зменшити час на проведення обслуговування та ремонту, а також знизити експлуатаційні витрати, сприяючи ефективному використанню сільськогосподарської техніки.

Завдання проекту включають:

- проаналізувати існуючі технології технічного обслуговування та ремонту машинно-тракторного парку;
- провести аналіз типових несправностей та причин їх виникнення ЦПГ;
- визначити вимоги до пристосування для перевірки технічного стану ЦПГ і клапанів;
- розробити технічні характеристики та конструкцію пристосування.

Об'єктом дослідження є процес технічного обслуговування і ремонту машинно-тракторного парку, зокрема, методи та засоби діагностики технічного стану циліндро-поршневої групи і клапанів двигунів.

Предметом дослідження є технічні характеристики та конструкція спеціального пристосування для перевірки технічного стану ЦПГ і клапанів двигунів.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Білецький В. Р., Ковальчук Д. С., **Куят В. В.**, Захаренко О. С., Заінчківський В. Р., Якименко Р. М. Удосконалення системи технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Збірник тез X-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». м. Житомир, 20 квітня 2024 року. Житомир : ЖАТФК. С. 24-26.

2. Боровський В. М., Лісовський К. Р., **Куят В. В.** Технологія плосковершинного хонінгування при ремонті ДВЗ. Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 117-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 22-23 лют.

2024 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. 2024. С. 86-89.

Практичне значення одержаних результатів. Практичний інтерес для аграрних підприємств України представляє розроблене пристосування для перевірки технічного стану ЦПГ.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 24 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 38 сторінок комп'ютерного тексту, містить 2 таблиці та 4 рисунки.

РОЗДІЛ 1

ПРИЧИНИ ВІДМОВ ЦИЛІНДРОПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДВИГУНІВ

Циліндропоршнева група (ЦПГ) двигуна внутрішнього згорання здійснює термодинамічний круговий процес перетворення теплоти в механічну роботу. Причини відмов двигунів зумовлюються наявністю одночасно кількох різних вихідних дефектів: конструкційних, виробничих або експлуатаційних. Близько 30 % відмов виникають унаслідок експлуатаційних причин, 70 % припадає на конструкційні та виробничі дефекти. З усіх вищенаведених 50 % становлять відмови ЦПГ [1].

Уявімо ЦПГ як систему елементів, що діють спільно (складаються з поршня, компресійних, мастилознімних кілець і циліндрової втулки), для самостійного виконання заданих функцій. Надійність ЦПГ оцінимо за ймовірністю безвідмовної роботи моделі системи з послідовно з'єднаних елементів (рис. 1.1), у якій відмова будь-якого з елементів спричиняє відмову системи та двигуна. Відмови елементів приймаються незалежно один від одного [1, 2, 4, 7, 9].

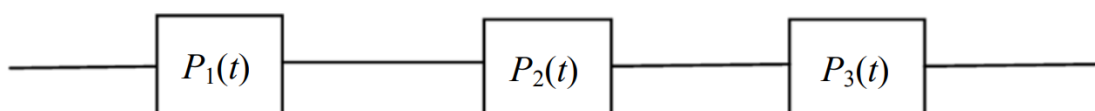


Рис. 1.1. Структурна схема системи ЦПГ із послідовним з'єднанням елементів. Ймовірність спільного прояву безвідмовної роботи елементів ЦПГ як незалежних подій дорівнює добутку ймовірностей цих подій [2]:

$$P(t) = P_1(t)P_2(t)P_3(t), \quad (1.1)$$

де $P_1(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи поршня за час експлуатації; $P_2(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи кілець за час експлуатації; $P_3(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи втулки за час експлуатації.

Працездатність ЦПГ оцінюємо за три періоди роботи двигуна. Період припрацювання - відмови під час випробування виробу на початку експлуатації; після ремонту з'являється відбраковування за конструкційними дефектами, технологічними і виробничими. Період нормальної експлуатації характеризується раптовими відмовами порівняно постійної інтенсивності. Період інтенсивного зносу - з'являються відмови зростаючої інтенсивності, викликані старінням елементів. Усі відмови рівноцінні з позиції того, що вони призводять до неможливості виконання дизелем заданих функцій, їхній вплив на процес експлуатації двигуна різний. Відмова дизеля, що призводить до неможливості використання його за призначенням на цьому судні до усунення його поза судном, - найважчий вид відмови. За напрацюваннями до появи повних відмов визначається ресурс дизеля до капітального ремонту. Найскладнішими видами відмов, які можна усунути в процесі експлуатації двигуна, є відмови деталей ЦПГ [3].

На рис. 1.2 проілюстровано криву інтенсивності відмов ЦПГ залежно від часу експлуатації.

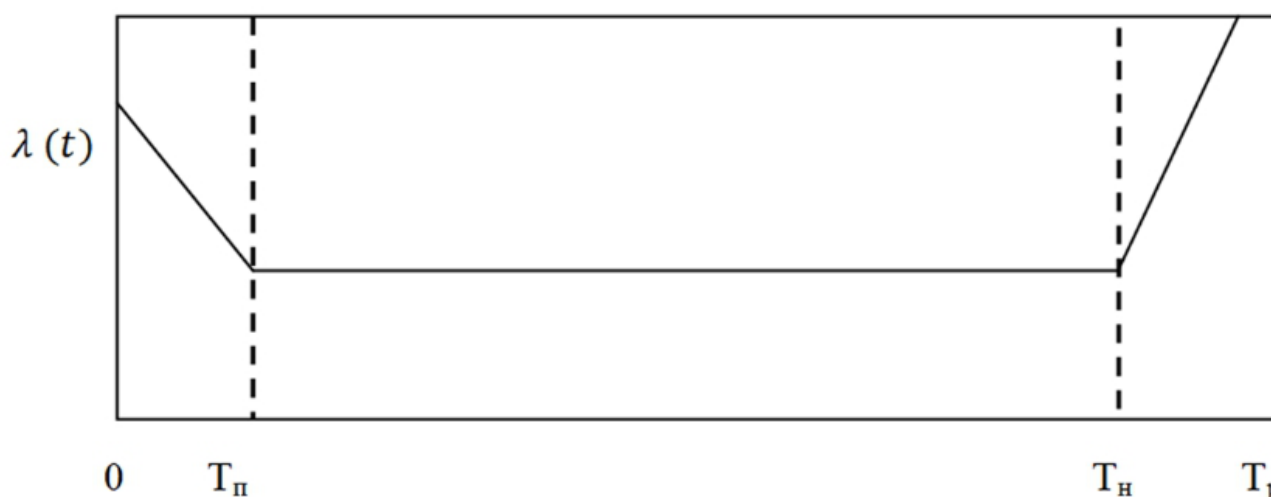


Рис. 1.2. Інтенсивність відмов ЦПГ залежно від часу експлуатації: $0-T_p$ – період припрацювання; $T_p - T_n$ – період нормальної експлуатації; $T_n - T_r$ – період інтенсивного зносу

Розрахункова формула для визначення показників безвідмовності [4]:

$$P(t) = e^{-\lambda t}, \quad (1.2)$$

де $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3$ – сумарна інтенсивність відмов на режимах роботи; t - розрахунковий час роботи (нормативне напрацювання).

Середній час безвідмовної роботи [3]:

$$T_p = 1/\lambda \quad (1.3)$$

Оброблення статистичних даних проводиться за нормальним законом або законом Вейбулла [4]. Будь-яка відмова є наслідком дефектів, допущених під час проектування, виготовлення або експлуатації деталі, що відмовила, і призводить до аварії двигуна.

Матеріалом для виготовлення цільних поршнів середньооборотних двигунів слугують сірі чавуни марки СЧ28, СЧ32, високоміцні чавуни ВЧ45, ВЧ50 і алюмінієві ливарні сплави АЛ1, АЛ19, АЛ25.

Переваги алюмінієвих сплавів: менша густина $\gamma = 2,7-2,8$ г/см³ дає змогу знизити масу поршня і, отже, сили інерції; вища теплопровідність (у 3-4 рази вища, ніж у чавуну) та невеликий коефіцієнт тертя дають змогу застосовувати неохолоджувані поршні та знизити температуру поршня до 350 °С (проти 450 °С для чавунної), температуру під канавкою верхнього поршневого кільця знизити до 180 °С (проти 230 °С для чавунної). Поршні з алюмінієвого сплаву більш технологічні при виготовленні.

Недоліки алюмінієвих сплавів: нижчі механічні властивості, ніж у чавуну, що погіршуються під час нагрівання, висока вартість, менший опір зносу. Високий коефіцієнт лінійного розширення вимагає збільшення теплового зазору між поршнем і втулкою. Великий тепловий зазор під час пуску холодного двигуна спричиняє зниження герметичності циліндрового простору і спричиняє появу ударів поршня по втулці під час переходу поршня через мертві точки. Через великий коефіцієнт лінійного розширення (у 2-3 рази вищий, ніж у чавуну) необхідно збільшити радіальний зазор між тронком поршня і циліндра майже у 2

рази порівняно з чавунними поршнями, що ускладнює пуск двигуна, спричиняє стуки під час роботи на малих навантаженнях і збільшує теплове навантаження верхніх поршневих кілець [5]. Зносу піддається тронк поршня (набуваючи еліптичності), поршневий палець, поршневі кільця.

Причини зносу - абразивний і корозійний знос.

Задир і заклинювання поршня - важка аварія, внаслідок якої на поршні та втулці з'являються глибокі риски, борозни, утворюються тріщини, відбувається відрив головки поршня та обрив шатунного болта. Причини: швидке навантаження непрогрітого двигуна, нерівномірне нагрівання деталей. Поршень нагрівається швидше, ніж втулка, тепловий зазор між ними вибирається повністю, і відбувається заклинювання поршня. Перекіс руху через неправильне центрування - поломка поршневих кілець. Тріщини в голівці поршня виникають через дефекти конструкцій або порушення правил обкатки дизеля. До перших належить ливарний брак: раки, усадочні тріщини, залишкові напруження, хімічна неоднорідність поршня за висотою поршня та в радіальному напрямку, що впливає на фізичні та механічні властивості виливки, утворює перекіс поршня та заклинювання [5].

У період припрацювання відмови ЦПГ характеризуються дефектами поршня, які можна класифікувати як виробничі та експлуатаційні. Задир - основна причина відмов ЦПГ. Глибокі ризики на втулці та поршні, руйнування кільцевих канавок, поломка кілець. Зломи мають статичний характер. Раптові перевантаження: теплові, механічні, динамічні, - створюють напругу, що значно перевищує запас міцності. Поломка поршневих кілець відбувається за недостатнього теплового зазору або канавки, за надмірного зносу кільця і втулки, коли кільця пружно деформуються, проходячи з частотою обертання колінчастого вала, і руйнуються від втомних напружень. Матеріал для виготовлення кілець: сірий чавун СЧ21, СЧ24 з підвищеним вмістом фосфору, присадками нікелю, хрому і молібдену. Твердість чавунних кілець на 15-20 НВ

вища за циліндрову втулку, оскільки питома робота тертя кілець значно більша, ніж втулки [1, 8, 9, 12, 14].

Крім того, кільця працюють у важких умовах. Іноді з метою зменшення зносу дорожчої деталі - втулки - твердість кілець роблять на 15-20 НВ меншою за втулку. Залягання кілець у канавках спричиняє поломку кілець і задирки.

Втулка зазнає значних механічних і теплових напружень. Під час роботи двигуна на її стінки діють сила тиску газів, бічна сила тиску поршня і сила тертя, що виникає під час руху поршня. Втулка нагрівається гарячими газами. Перепад температур по обидва боки стінки створює температурні напруження в стінці, водночас гарячіші волокна внутрішньої поверхні зазнають напруження стиснення, холодніші волокна з боку охолодження - напруження розтягування. До матеріалу втулок висуваються вимоги: висока міцність, зносостійкість, непроникність для газів і води, стійкість проти корозії, кавітації, хороша оброблюваність. Для виготовлення втулок застосовують леговані чавуни з межею міцності до 450-520 МПа. Для зменшення зносу чавунні втулки іноді покривають шаром пористого хрому товщиною 0,4 мм [6].

Причинами утворення тріщин у верхній частині втулок можуть бути великі температурні напруження під час різкого охолодження перегрітого двигуна, місцеве перегрівання втулки внаслідок великого відкладення накипу в зарубашковому просторі, корозійні руйнування у вигляді глибоких свищів з боку порожнини охолодження, задир під час заклинювання поршня.

Обрив опорного пояса втулки найчастіше відбувається за надмірного або нерівномірного затягування шпильок кріплення кришки, а також за невдалої конструкції бурта. Знос втулок відбувається нерівномірно: найбільший знос - у верхній частині, тому втулка набуває конусності. У тронкових двигунах бічна сила тиску поршня спричиняє еліптичність. Підвищене зношування верхньої частини втулки пояснюється високим тиском верхнього поршневого кільця і несприятливими умовами змащування, а також інтенсивними температурними процесами під час згоряння палива [1, 8, 9, 12, 14].

Корозія відбувається як результат окислення металу під дією хлоридів розчиненого у воді кисню, так і внаслідок електрохімічних процесів, спричинених хімічною неоднорідністю металу втулки [1, 8, 9, 12, 14].

Найнебезпечніший дефект втулки – утворення тріщин у районі верхнього посадкового бурта. Через цей дефект замінюють до 40 % циліндрових втулок [7].

Заміри зносу деталей ЦПГ проводять під час перших перебирань (закінчення гарантійних термінів), середніх і капітальних ремонтів. На підставі даних, отриманих під час замірів, розраховується фактична швидкість зношування [1, 8, 9, 12, 14].

Кавітаційно-ерозійні руйнування спостерігаються на ділянках зовнішньої поверхні, де проявляється вібраційний вплив від ударів поршня під час перекладання. Причинами руйнування стінок втулки є процеси, що виникають у системі охолодження і всередині металу під впливом високочастотної вібрації. Процеси зношування втулок із чавунними поршнями відбуваються менш інтенсивно, ніж у втулок з алюмінієвими поршнями. Швидкість кавітаційного зношування може бути зменшена підвищенням жорсткості втулки. Збільшений зазор у нижньому посадковому поясі та недостатня жорсткість втулки призводять до зростання амплітуди коливань і сприяють виникненню тріщин під верхнім опорним буртом [8].

Підвищення жорсткості втулок внаслідок збільшення товщини стінок сприятливо позначається на виключенні тріщин під буртами і сприяє зниженню корозійного зносу. Визначено швидкість кавітаційного зношування модернізованих і звичайних втулок, за якою визначено ресурс (тис. год) до граничної глибини кавітаційних раковин (табл.1.1) [9].

Інтенсивність кавітаційного зношування зменшується зі збільшенням відношення товщини стінки до діаметра циліндра. Жорсткість втулки вважаємо критерієм інтенсивності кавітаційного зношування втулки [1, 8, 9, 12, 14].

Таблиця 1.1. – Вплив жорсткості втулки на тріщини під буртом і на кавітаційне зношування до гранично допустимої товщини

Товщина втулки, мм	Швидкість кавітаційного зношування, мкм/тис. год		Ресурс, тис. год	Кавітаційна ерозія	Тріщини під буртом
	мін	мах			
32	344	428	45...52	Не спостерігається	Не спостерігаються
20	535	694	12...15	Спостерігається в зоні верхнього кільця	Спостерігаються

У результаті дослідження кавітаційного зносу і дефектів буртів верхньої частини втулки встановили механізм руйнування і підтвердили вплив вібрації на довговічність втулки [1, 8, 9, 12, 14].

Встановлено, що амплітуда власних коливань втулки в резонансі з вимушеними призводить до прискореного зносу втулки, збільшує тепловий зазор між поршнем і втулкою. Збільшення зазорів сприяє підвищенню вібрації, спричиняє втомні руйнування посадкового бурта. Разом із цим активно розвивається кавітаційна ерозія в місцях вібраційних максимумів, стоншення стінок втулки, руйнування графітних включень у чавуні створює проникність втулки як для газів, так і для охолоджувальної води [11].

Кавітаційно-ерозійна стійкість характеризується твердістю, межею міцності і межею плинності, а також визначається комплексом властивостей окремих структурних складових і залежить від розмірів зерна і його меж. Кавітаційно-ерозійна стійкість чавуну визначається формою графіту (найкраща форма – куляста). Термічна обробка підвищує стійкість сірого чавуну, якщо отримана металева основа містить тонкопластинчастий перліт і сорбіт відпуску.

Введення в чавун нікелю підвищує корозійну стійкість, оскільки нікель не змінює загальні умови графітоутворення, а збільшує ступінь дискретності перліту в карбідній суміші і сприяє утворенню дрібнодисперсного перліту. Легування нікелем чавуну з пластинчастим графітом не дає позитивних результатів, а легування чавуну з кулястим графітом (Ni – 1 %; Mo – 0,3 %) призводить до різкого підвищення кавітаційно-ерозійної стійкості [12].

Висновки по розділу

У періоді припрацювання основною причиною відмов ЦПГ є задир; при цьому спостерігаються поломки пальців, відколи металу кільцевих канавок. Зломи зруйнованого металу мають статичний характер. Інтенсивність відмов у період відпрацювання з причин задирів знижено за рахунок стабілізації структури, розмірів і механічних властивостей поршня за робочих температур (300-350 °C) [1, 8, 9, 12, 14].

У періоді нормальної експлуатації спостерігаються раптові відмови у зв'язку зі зносом втулок до граничних розмірів. Інтенсивність відмов нормального періоду експлуатації знижено завдяки збільшенню абразивної зносостійкості металу втулок, підвищенню твердості, заміни сірого чавуну з пластинчастою формою графіту на сірий чавун з вермикулярною формою графіту або на високоміцний чавун зі сферичною формою графітних включень.

У третьому періоді інтенсивного зносу основними причинами відмов металу є граничний знос за кавітаційною ерозією і поломка опорних буртів втулки. Інтенсивність відмов третього періоду експлуатації знижено за рахунок зменшення вібрації в системі ЦПГ, збільшення жорсткості втулки, зниження амплітуди вимушених коливань і скорочення величини теплового зазору між втулкою і поршнем.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЯ БЕЗРОЗБІРНОЇ ЯКІСНОЇ ОЦІНКИ СТАНУ І | ЦИЛІНДРОПОРШНЕВОЇ ГРУПИ АВТОМОБІЛЯ

В даний час автомобільний парк країни поповнюється автотранспортними засобами нової конструкції.

Ускладнення конструкції автомобілів призводить, як правило, до збільшення обсягу робіт з технічного обслуговування і ремонту, до зростання витрат на забезпечення працездатності [1, 8, 9, 12, 14].

У Житомирській області парк уживаних автомобілів становить понад 95% від їх загальної кількості. Подальша їхня експлуатація, безаварійна робота, подовження моторесурсу - неможливі без організації служб експрес-діагностики та попереджувального ремонту. З цим завданням могли б впоратися численні станції технічного обслуговування автомобілів за умови розроблення порівняно простого, доступного методу діагностики ДВЗ, що не потребує висококваліфікованого персоналу, дорогого обладнання, додаткових площ.

Як правило, для діагностики використовується дорога апаратура, що вимагає спеціального, висококваліфікованого обслуговування, вартість такого роду послуг висока [1, 8, 9, 12, 14].

У зв'язку з цим переважна більшість автолюбителів, власників і керівників автопідприємств не в змозі налагодити роботу з попередньої діагностики та попереджувального ремонту автомобілів. Відсутність способів експрес-діагностики двигунів у кінцевому підсумку призводить до різкого подорожчання ремонту двигунів (капітальний ремонт) [1, 8, 9, 12, 14].

Причини погіршення експлуатаційних характеристик ДВЗ автомобілів

Найпоширенішою причиною погіршення експлуатаційних характеристик ДВЗ є зниження компресії в циліндропоршневій групі (ЦПГ). Однією з найпоширеніших і найістотніших причин є зменшення рухливості поршневих кілець. Найчастіше це пов'язано з утворенням нагару в кільцевих заглибленнях і,

як наслідок, закоксовуванням і зносом поршневих кілець. До погіршення герметичності ЦПГ призводить також нещільне примикання клапанів, спричинене потраплянням під них дрібних частинок нагару (шлаку), що відокремилися від стінок поршня [1, 8, 9, 12, 14].

Як правило, все це спричинено невисокою якістю використовуваного палива, несвоєчасною заміною масла, порушенням режимів експлуатації.

В Українських умовах експлуатації нагар починає утворюватися після 5-8 тис. пробігу. Швидше нагар утворюється в дизельних двигунах [1].

Через певний час експлуатації перед власником транспортного засобу постає питання, що робити з ДВЗ – відправляти його в ремонт чи далі експлуатувати до вичерпання його моторесурсу [1, 8, 9, 12, 14].

Проведення ранньої діагностики та контролю за величиною компресії дає змогу підтримувати експлуатаційні характеристики ДВЗ і суттєво знижують витрати на його ремонт [1, 8, 9, 12, 14].

Способи оцінки технічного стану циліндропоршневої групи двигуна внутрішнього [1, 8, 9, 12, 14].

Нині існує безліч способів діагностики стану циліндропоршневої системи ДВЗ, які дають змогу визначати компресію циліндра та зношення деталей циліндропоршневої групи, зокрема, поршневих кілець, але вони є трудомісткими, потребують значного часу та кваліфікованого персоналу для свого здійснення. Вони неприйнятні для станцій технічного обслуговування, де не завжди є висококваліфікований персонал і обмежений час для перевірки кожного двигуна. Складні в апаратурному оформленні, ці способи придатні для використання в лабораторних умовах, на випробувальних стендах, але не мають застосування в авторемонтних майстернях [1, 8, 9, 12, 14].

Пропоноване технічне рішення відноситься до способів діагностики циліндропоршневої групи двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ), зокрема, оцінювання технічного стану поршневих кілець, і може бути використане для попередньої діагностики на етапах експлуатації та попереджувального ремонту.

Даний спосіб не потребує графічного та математичного опрацювання результатів та участі теоретично підготовленого персоналу для встановлення причини відхилення в технічному стані [1, 8, 9, 12, 14].

Оцінка технічного стану циліндрпоршневої групи двигуна внутрішнього згоряння здійснюється таким чином:

1. вимірювання компресії кожного циліндра за допомогою компресометра,
2. подальше очищення циліндропоршневої групи від нагару за допомогою присадки - виносія нагару і присадки, що очищає масляну систему (ДВЗ),
- 3. повторне вимірювання компресії.
4. порівняння отриманих у тому й іншому випадку значень компресії,
5. зіставлення їх із номінальними для цього двигуна, і що дає змогу в разі збігу значень компресії до і після очищення; виключити причину, пов'язану із "заляганням" поршневих кілець, і в такий спосіб диференціювати наявні несправності [1, 8, 9, 12, 14].

Нині відома низка модифікаторів і виносіників нагару для очищення циліндропоршневої групи, які під час потрапляння в камеру згоряння ефективно розпушують і знімають нагар, а утворені при цьому речовини і продукти їхнього згоряння виносяться разом із вихлопними газами. Наприклад, як такі виносіники нагару використовують композиції на основі органічних фосфатів. Присадки-виносії нагару, що містять органічні фосфати, забезпечують максимально можливий ступінь очищення ЦПГ і не чинять агресивного впливу на матеріал елементів ЦПГ [1, 8, 9, 12, 14].

Очищення ДВЗ від нагару може бути здійснене двома способами. | У першому випадку очищення здійснюють шляхом подачі пального з добавкою присадки-виношувача нагару в двигун, що працює на холостих обертах. Для цього двигун "відсікають" від паливного бака і під'єднують до додаткової ємності, забезпеченої бензонасосом високого тиску, яка містить стандартне пальне; з добавкою присадки-виношувача нагару на основі органічних фосфатів. Концентрація вказаної присадки становить 0,5-5,0% (приблизно 5- 50 мл/л.

палива). Роботу двигуна підтримують протягом часу, достатнього для повного очищення циліндропоршневої групи від нагару. Цей час становить у середньому 40-45 хв., витрата палива з присадкою - близько 1-1,5 л. (оперативний режим). Другий спосіб полягає в додаванні присадки-виношувача нагару в паливний бак у кількості 0,05-0,5% (що становить приблизно 0,5-5 мл/л. пального) та експлуатації автомобіля у звичайному (дорожньому) режимі до повного витрачання пального. Вигорання 40-50 л. палива з добавкою органічного фосфату забезпечує необхідне очищення ЦПГ двигуна внутрішнього згорання (консервативний режим очищення). І Експериментально було підтверджено повну відсутність нагару на деталях ЦПГ (кільцевих канавках поршня, кільцях, клапанах і днищі поршня) в обох випадках очищення за допомогою зазначеного пристосування і присадки-очищувача на основі органічних фосфатів.

Ефективність очищення визначали шляхом повного або в деяких випадках часткового розбирання циліндропоршневої групи. Однак кращим є оперативний режим очищення, який забезпечує максимально можливу повноту очищення елементів ЦПГ за значного скорочення часу очищення [1, 8, 9, 12, 14].

У тому разі, якщо після операції очищення циліндропоршневої системи значення компресії наближаються до номінальних для даного двигуна, можна стверджувати, що причиною несправності був нагар, а знос деталей ЦПГ, відповідальних за її щільність, зокрема, поршневих кілець, не перевищив критичного значення. І У тому разі, якщо очищення циліндропоршневої системи не призвело до збільшення значення компресії і до того ж, ці значення різняться для окремих циліндрів, можна зробити висновок про наявність зносу деталей ЦПГ, відповідальних за герметичність циліндрів, переважно, поршневих кілець, і тим більшого, що меншим є значення компресії для даного циліндра.

Пропонований спосіб ранньої діагностики ДВЗ вирізняється простотою виконання, не потребує зняття двигуна з автомобіля, кваліфікованого персоналу, графічної та математичної обробки. Новизна полягає в підборі хімічних композицій, що дають змогу ефективно видаляти нагар, не вносячи жодних змін

у пальне або мастило. Композиції забезпечують максимально можливий ступінь очищення ЦПГ і масляної системи, не чинить агресивного впливу на матеріал елементів ДВЗ. Відтворення способу не потребує дорогого обладнання та приладів. 1 Відмінною особливістю способу є те, що поряд із діагностикою можливе й поліпшення експлуатаційних параметрів двигуна. Спосіб дає можливість на етапі попередньої діагностики поєднати визначення можливої причини несправності з одночасним усуненням однієї з них, зумовленої наявністю нагару в канавках під поршневими кільцями [1, 8, 9, 12, 14].

РОЗДІЛ 3

ЕКСПРЕС-ОЦІНКА ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ЦИЛІНДРО- ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Оптимальний метод визначення повного і залишкового ресурсу машин масового виготовлення - техніко-економічний, коли знаходять момент часу експлуатації, за якого настає мінімум сумарних питомих витрат і витрат на використання, технічне обслуговування, ремонт тощо. Цей метод глибоко розвинений В.М. Ковальчуком, доведений ним до універсального використання за номограмами, таблицями і представлений у вигляді комп'ютерної програми Турбо-НЕК, що отримало визнання в Україні і за кордоном [1, 8, 9, 12, 14].

Метод ґрунтується на контролі поступової зміни характерних параметрів технічного стану об'єктів (деталей, вузлів, агрегатів) під час їхньої роботи, контролі відмов і несправностей, обліку всіх витрат на обслуговування, заміну несправних деталей і вузлів під час ремонту, втрат і витрат від простоїв машин та устаткування [1, 8, 9, 12, 14].

Таким чином, реалізація методу вимагає збору чималих за обсягом і часом діагностичних і техніко-економічних даних [1, 8, 9, 12, 14].

На підставі методу мінімуму сумарних питомих витрат різними дослідниками встановлений і апробований простіший, проте також інтегральний, метод, за яким оптимальний термін списання машини визначається тим часом її експлуатації, за якого сумарні витрати на ремонт і усунення наслідків аварії визначаються тим часом її експлуатації, коли сумарні витрати на ремонт і усунення несправностей машини (або хоча б вартість використаних запасних частин) стає рівною вартості нової машини [1, 8, 9, 12, 14].

Водночас для майстерень і гаражів із поточного ремонту машин із бензиновими і дизельними двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ) часом потрібне оперативне визначення залишкового ресурсу циліндропоршневої групи (ЦПГ), яка у звичайних умовах експлуатації визначає потребу ДВЗ у ремонті зі

зняттям його з машини. Зростає актуальність у такому експрес- методі у зв'язку з успішним застосуванням для збільшення термінів служби ДВЗ різних високодисперсних мінеральних і металевих порошків, препаратів органічної та неорганічної природи [1, 8, 9, 12, 14].

При цьому важлива роль у підготовці, відстеженні результатів і коригуванні так званого «безрозбірного ремонту», належить поглибленому діагностуванню ЦПГ. Застосовуваний для цього контроль компресії, що доповнюється контролем вакууму в циліндрах, дає змогу визначати як справність деталей камери згоряння, так і аварійні дефекти клапанів газорозподілу, зношування або аварійні дефекти поршневих кілець і зношування гільз за окремими циліндрами бензинових ДВЗ навіть у польових умовах.

Широке застосування контролю вакууму залишкового і повного приладами типу КИ-5973, які виготовляють під марками АГЦ, АГЦ-2 і АПЦ, дало змогу їхнім авторам накопичити незвичайний статистичний матеріал діагностування ЦПГ. Зіставивши значення повного і часткового вакуумів із компресією, автори отримали нову діагностичну інформацію. Вона дає змогу експресно оцінювати витрачений і залишковий ресурси кожного циліндра окремо. Крім того, можна визначати той граничний стан ЦПГ, за якого ще доцільно відновлювати її добавками в працююче масло.

Залежність повного і залишкового вакууму від компресії для основних марок, наприклад бензинових, ДВЗ наведено на рис. 1, де верхня крива - за залишковим вакуумом, а нижня – за повним. Тут частку залишкового ресурсу ЦПГ будь-якого циліндра визначають відношенням довжини кривої від точки результату компресії [1, 8, 9, 12, 14].

його діагностування (точка А або Б) до зони граничного стану ЦПГ (точка С) до загальної довжини кривої графіка (ЗС), тобто відношенням АС/ОС або БС/ОС. Початкова частина кривої (від зони номінальних значень параметрів, точка О) до точки конкретного технічного стану (точка А або Б) аналогічно визначає частку витраченого ресурсу. Знаючи напрацювання ДВЗ під час

контролю, можна оцінити обидва ресурси в її одиницях. Переважно користуватися верхньою кривою, а нижня може використовуватися для уточнення результатів діагностування.

Приклад реалізації викладеного. У двигуна автомобіля Рено Дастер з пробігом 88700 км витрата оливи на чад підвищилася до 0,85 л на 1000 км, виникла потреба визначити технічний стан циліндрів і заходи щодо зменшення витрати оливи [1, 8, 9, 12, 14].

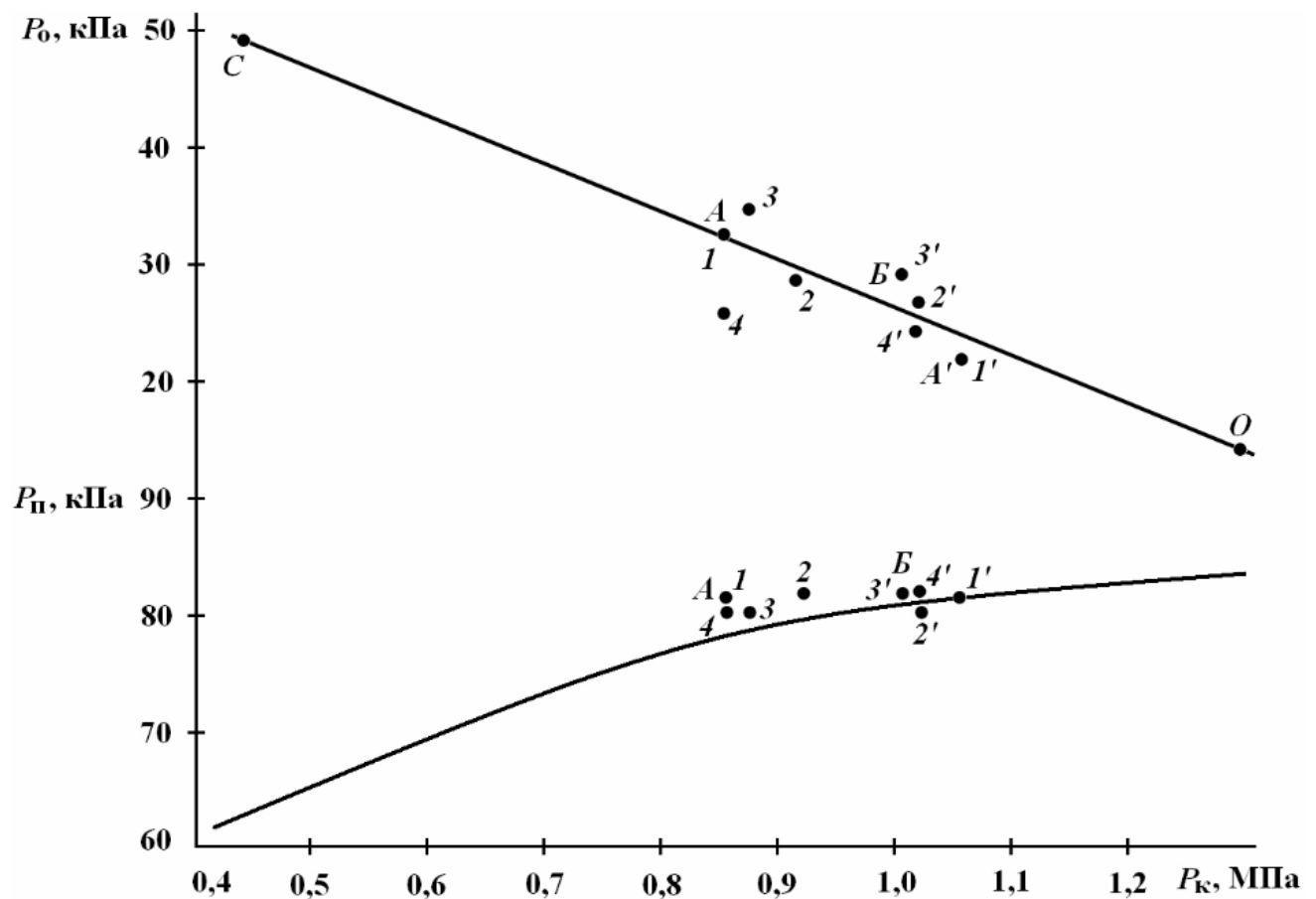


Рис. 3.1. Залежність повного P_n і залишкового P_o вакуумів від компресії P_k за безаварійного стану циліндрів бензинового ДВЗ.

Вирішили поєднати діагностування і відновлення ЦПГ введенням у циліндри по 20 мл і в картерне масло 100 мл олійно-керосинової суспензії серпентинового препарату «Re-covery» [1, 8, 9, 12, 14].

При знятих свічках запалювання шість разів прокручували ДВЗ стартером по 5-7 с з інтервалами 1,5-2 хв. Далі двигун запустили і на частоті обертання 700-800 хв^{-1} він працював приблизно 68 хв до появи паровиділення з випускної

труби. Для прискорення процесу кілька разів збільшували частоту обертання до 3000-3500 хв⁻¹. Така процедура поєднує підготовку ЦПГ до діагностування та її відновлення. У табл. 1 наведено значення параметрів ЦПГ після всіх робіт.

Таблиця 3.1. – Значення параметрів ЦПГ після всіх робіт

Показник		Значення показника, кПа, для циліндрів			
		першого	другого	третього	четвертого
Перше діагностування до обробки, пробіг 88500 км	Компресія	851	921	871	851
	Повний вакуум	82	83	81	81
	Залишковий	34	30	34	27
Друге діагностування після першої обробки, пробіг 88987 км	Компресія	902	952	891	902
	Повний вакуум	83	83	81	83
	Залишковий	21	25	31	27
Третє діагностування після другої обробки, пробіг 89972 км	Компресія	1051	1011	1002	1012
	Повний вакуум	82	81	82	83
	Залишковий вакуум	23	27	29	25
Контроль, пробіг 92147 км	Компресія	1051	1022	1021	1102

За результатами першого діагностування витрачений ресурс ЦПГ першого циліндра (рис., точка А) був найбільшим – близько 73 %, а залишковий – найменшим – 27 %. Після двох впливів за результатами третього діагностування найменшим був залишковий ресурс третього циліндра (точка Б), він становив 49 % (до обробки 28 %), а найбільшим - першого циліндра (55 %, точка А'). Після першої обробки чад масла зменшився, а після другої став непомітним. Остаточний контроль підтвердив стабільність хорошого результату обробки і до пробігу 115 тис. км погіршення роботи мотора не спостерігали. Отримано подібні залежності і для дизелів [1, 8, 9, 12, 14].

За довірчої ймовірності $t = 1,96$, що відповідає розсіюванню значень розглянутих діагностичних параметрів на три сигми, коефіцієнта варіації розподілу цих самих параметрів, що дорівнює 1, і необхідної похибки контролю не більш ніж 20 % для побудови кривих на малюнку потрібно щонайменше 98 достовірних результатів контролю $\{(1,96/0,02) \times 1 = 98\}$. Вважаємо, що такі криві ґрунтуються на взаємозв'язку конструктивних параметрів ЦПГ без впливу її розмірності, розвиваємої потужності ДВЗ і частоти обертання колінчастого вала і, імовірно, є загальними для бензинових ДВЗ зі ступенем стиснення в межах 7-11, а для дизелів 13-18. Тому такого числа достовірних результатів вимірювань достатньо, щоб діагностувати більшість марок автотракторних і транспортних ДВЗ. Цим досягнуто різкого зниження трудомісткості підготовки графіків для оперативної оцінки залишкового ресурсу ЦПГ ДВЗ. [1, 8, 9, 12, 14].

За тими самими статистичними даними та отриманими кривими виявлено також, що якщо точка результатів контролю не вкладається в криві, то це означає, що ЦПГ у цьому циліндрі має аварійний дефект. Чим більше точка віддалена від лінії природного зношування ЦПГ, тим значніший цей дефект. Крім того, якщо положення точок для одного циліндра на обох кривих суперечливі, то це свідчить про помилки вимірювань і потрібно перевірити їх ще раз. Під час повторного діагностування після роботи препарату на кривих виявляється певний зсув діагностичних точок до зони номінального стану ЦПГ і за величиною цього зсуву оцінюється ефективність обробок. На малюнку це видно за зміщенням точок 1, 2, 3, 4 значень параметрів, що відповідають номерам циліндрів, у зону номінального стану ЦПГ до точок 1', 2', 3', 4'.

Досвід "безрозбірного ремонту" ДВЗ мінеральними добавками в оливи більш ніж за 20-річний період довів його безумовну ефективність, але якщо в ДВЗ немає аварійних дефектів і його залишкового ресурс не менше 10 % від номінального, тобто якщо компресія в бензиновому моторі не менше 5 бар, у дизелі - не менше 17 бар, а витрата оливи на чад не більш як 5 % від витрати палива. "Безрозбірний ремонт" розвивається в Україні [1-3], Китаї, Фінляндії,

В'єтнамі. Є досвід його застосування в Японії (препарат "METARIZER", metal surface treatment), Швеції, Німеччині, Італії, в деяких інших країнах Європи та інших континентів. Мінеральні препарати серпентинової природи випускають не у Фінляндії, Швеції, Німеччині, Франції. Препарати інших типів випускають багато розвинених країн [1, 8, 9, 12, 14].

Нині відомі близько 200 ремонтно-відновлювальних препаратів різноманітної природи як зарубіжних, так і вітчизняних:

- металоплакувальні (МКФ-18У; прироботочні, експлуатаційні та експлуатаційно-відновлювальні Саратовські композиції "Кластер"; препарати Валена, РіМет, склади МПП на основі деяких лігандів та ін.);
- полімероплакувальні (Форум, Аспект-модифікатор, уні-версальний модифікатор, епілами, інші склади на основі політетрафторетилену і його похідних, МіcroX3 та ін.);
- дисперсні розчини алмазних порошків, графіту, дисульфиду молібдену, тальку та ін. шаруватих мінералів, зокрема серпентинових;
- специфічні хімічні (Реагент 2000, ER, Дюралюб, Анамегатор оливи GOLD OZEROL МП-8, Феном, та ін.).

Високу ефективність миттєво демонструє препарат Мі-сroX3 на основі фторкарбонатної смоли, що багаторазово знижує тертя і в 3-5 разів підвищує навантажувальну здатність вузлів тертя. А просте введення в маслофільтр ДВЗ магнієвої фольги розміром 80 × 20 мм і товщиною 0,3 ... 0,5 мм дає змогу різко зменшити зношування ДВЗ і подовжити термін служби мастила до 50 тис. км пробігу автомобіля. Однак у всьому різноманітті пропонованих препаратів важко зорієнтуватися, не всі мають належну якість і не всі підлягають застосуванню [1, 8, 9, 12, 14].

Останнім часом дедалі ширше застосовують мінеральні серпентинові препарати, які мають перевагу за простотою виготовлення, екологічністю та за оптимальним співвідношенням ціни і якості. Їх використовують для відновлення неаварійно зношених сполучень таких агрегатів, як транспортні (на тепловозах і

кар'єрних автосамоскидах) і суднові дизелі, автотракторні бензинові та дизельні ДВЗ, коробки передач і провідні мости самохідної техніки, різна гідравлічна та паливна апаратура дизелів, великогабаритні підшипники кочення та ін. Особливо ефективним є застосування таких складів для вузлів і сполук, які працюють в екстремальних умовах з низькоякісним мастилом і без мастила.

Впровадженням РВС-препаратів займаються багато розвинутих країн. Фактична ефективність застосування РВС-препаратів:

- підвищені твердість і дзеркальна чистота на поверхнях тертя прозорого "залізомагнієвого скла" знижують коефіцієнт тертя від 10-15 % для незношених поверхонь і до кількох разів - для аварійно зношених. Це зумовлює зниження механічних втрат у ДВЗ до 15 %, в інших агрегатах - до 30 %. Пропорційно знижується питоме споживання палива та енергії;

- знижується швидкість зношування сполучень у 1,5...3 рази, що дає змогу збільшити ресурс вузлів щонайменше в 1,5 рази, а для зношених ДВЗ - щонайменше на 20...30 %. За умови двох- трьохкратного оброблення неаварійних автотракторних дизелів їхнє напрацювання збільшується на 2...3 тис. мотогодин, у автомобільних ДВЗ - на 30...50 і до 100 тис. км пробігу;

- підвищується тиск оливи в ДВЗ на 40...100 кПа, що подовжує їхній ресурс і зменшує ймовірність аварії кривошипно- шатунного механізму.

- підвищується тиск оливи в ДВЗ на 40...100 кПа, що подовжує їхній ресурс і зменшує ймовірність аварії кривошипно- шатунного механізму.

Використання "РВС-препаратів" покращує геометрію циліндрів ДВЗ, знижує шум і вібрацію різних агрегатів на 1...3 dB, на 10...15 % - викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами, на 5...20°C температуру оливи, зменшує її витрати та збільшує термін служби. Багаторазово підтверджено, що після "РВС-обробки" забезпечується робота на низькоякісному мастилі, а при його втраті – можливість проїхати в щадному режимі 100...200 км і уникнути аварії [1, 8, 9, 12, 14].

Висновки по розділу

Застосування "РВС-технології" відсуває або виключає капітальні, спрощує поточні ремонти різних агрегатів, значно знижує трудомісткість і витрати на експлуатацію та істотно подовжує ресурс машин.

Час показав, що виробникам машин і експлуатаційникам доцільно вводити в регламент технічного обслуговування і ремонту роботи з "безрозбірного ремонту".

РОЗДІЛ 4

**РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ЗБИРАННЯ
ПОРШНЯ З ШАТУНОМ ПРИ РЕМОНТІ ДВЗ ТА ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ
ПЕРЕВІРКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДЕТАЛЕЙ ЦПГ**

Під час складання шатунно-поршневої групи двигунів важливою операцією є з'єднання поршня з шатуном. На підприємстві для демонтажу поршневих пальців при розбиранні шатунно-поршневих груп використовують два пристрої, зображені на рисунку 4.1. Ці пристрої мають просту конструкцію, яка запобігає деформації поршня під час запресування пальця, тому ми візьмемо їх за основу для подальшої модернізації.

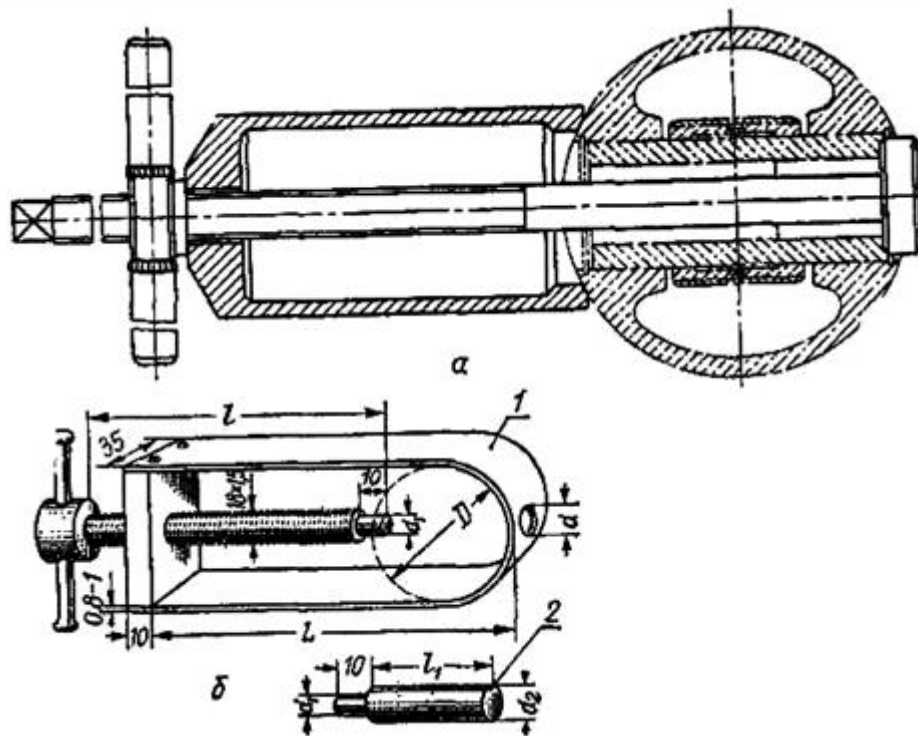


Рис. 4.1. Пристосування для знімання поршневих пальців: а) перший прототип; б) другий прототип: 1 – знімач; 2 – надставка[1, 8, 9, 12, 14].

Запропоноване пристосування призначене для встановлення поршневого пальця в поршень під час складання шатунно-поршневої групи двигуна та заміни окремих її деталей (поршня, поршневого пальця чи шатуна) під час ремонту. Його загальний вигляд показано на рисунку 4.2. Завдяки вдосконаленню

приводу для передачі зусилля запресування і зручності встановлення на слюсарному верстаку, це пристосування значно полегшує ремонтні операції порівняно з прототипом, запобігаючи деформації поршня під час запресування поршневого пальця, що забезпечує необхідну якість складання шатунно-поршневої групи.

Для збирання поршня з шатуном встановлюють змінний стакан 8 з внутрішніми розмірами, що відповідають поршню двигуна, в корпус 4. Стакан фіксують у корпусі за допомогою стопорного болта 16. Водночас у гніздо підставки 3 вставляють відповідну змінну призму 9, а в головку рейки 6 – змінний штовхач 10, який кріпиться стопорним гвинтом 19. Попередньо нагрітий до 80...90°C поршень встановлюють у стакан 8, при цьому його днище повинне опиратися на опорний болт 14. Положення головки опорного болта 14 необхідно відрегулювати таким чином, щоб вісь отворів у бобишках поршня (встановленого в пристосування) збігалася з віссю отворів у змінному стакані 8 і корпусі 4, а отже, і з віссю поршневого пальця, що лежить на змінній призмі 9.

Тримаючи шатун лівою рукою, його верхню частину вставляють у центр поршня таким чином, щоб головка шатуна розміщувалася між бобиками поршня. За допомогою правої руки, обертаючи маховик 5, відбувається переміщення зчепленої з ним рейки 6 та штовхача 10 в бік поршня. Штовхач 10 виконує рух поршневого пальця, розташованого на призмі 9, втискаючи його із необхідним тиском в отвори бобів поршня та верхньої частини шатуна. Після монтажу поршневого пальця, маховик 5 повертають в протилежний бік для виведення штовхача з бічного отвору корпусу, після чого поршень разом зі шатуном виймають з пристосування. На завершення, в отвори бобів поршня з обох сторін вставляють стопорні пружинні кільця. Головною перевагою цього пристосування є його універсальність, оскільки його можна адаптувати для збирання поршнів і шатунів різних типів двигунів, змінюючи компоненти 8, 9 та 10 на відповідні за розміром.

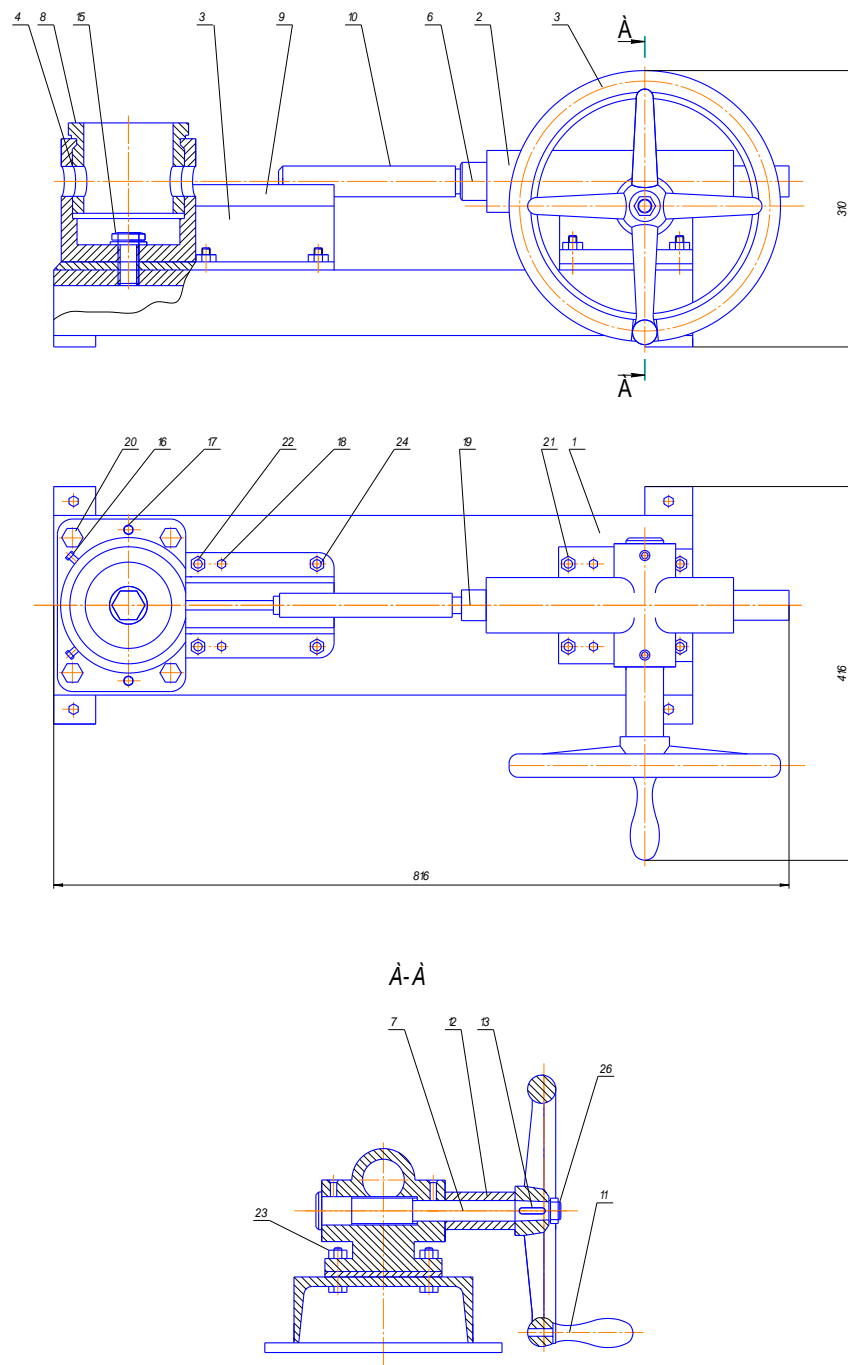


Рис. 4.2. Креслюнок розробленого пристосування для збирання шатуна з поршнем: 1 – станина; 2 – основа рейки; 3 – опора призми; 4 – основа стакана; 5 – маховик; 6 – рейка; 7 – вал; 8 – змінний стакан; 9 – змінна призма; 10 – штовхач змінний; 11 – рукоятка; 12 – розпірна втулка; 13 – півкругла шпонка; 14 – болт; 15 – контргайка; 16 – гвинт; 17, 18 – штифт; 19 – стопорний гвинт; 20, 21, 22 – болт; 23, 24, 25 – гайка; 26 – шайба

Теоретичне зусилля встановлення поршневого пальця визначається за залежністю [2]:

$$P_b = f \cdot \pi \cdot d \cdot p \cdot L; \quad (4.1)$$

де d – номінальний діаметр елемента з'єднання, м ($d = 0,05$ м);

L – довжина з'єднання, $L=0,03$ м;

f – коефіцієнт тертя ($f=0,06\dots0,18$);

p – тиск у з'єднанні, Па.

$$p = \frac{N_{\max}}{d(C_1/E_1 + C_2/E_2)}; \quad (4.2)$$

де N_{\max} – максимальний натяг у з'єднанні; м;

E_1, E_2 – модуль пружності відповідно, матеріалу вала й отвору, Па;

C_1, C_2 – коефіцієнти;

Для валу [2]:

$$C_1 = \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \mu_1 \quad (4.3)$$

Для отворів [2]:

$$C_2 = \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} + \mu_2 \quad (4.4)$$

де μ_1, μ_2 – коефіцієнт Пуассона для матеріалу (валу й отвора).

$$\mu_1 = 0,3; \quad \mu_2 = 0,3.$$

$$C_1 = \frac{0,050^2 + 0,030^2}{0,050^2 - 0,030^2} - 0,3 = 1,82$$

$$C_2 = 1 + 0,3 = 1,3$$

Тиск у з'єднанні [2]:

$$P = 0,00002 / 0,05 \cdot (1,82 / 2 \cdot 10^{11} + 1,3 / 2 \cdot 10^{11}) = 256 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

$$E_1 = E_2 = (2,0 \dots 2,1) \cdot 10^{11} \text{ Па}$$

Теоретичне зусилля при запресуванні [2]:

$$P_B = 0,17 \cdot 3,14 \cdot 0,05 \cdot 256 \cdot 10^5 \cdot 0,03 = 2,0 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Умова міцності на тиск можна відобразити наступною залежністю:

$$\sigma_{\max} = \frac{P_B}{F} \leq [\sigma], \quad (4.5)$$

де F – площа перерізу.

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,04^2}{4} = 0,0012 \text{ м}^2,$$

$[\sigma]$ – межа міцності, Сталь 25 $[\sigma]=250$ МПа.

Відповідно:

$$\sigma_{\max} = \frac{P_B}{F} = \frac{20000}{0,0012} = 16,7 \leq [\sigma] = 250 \text{ МПа}$$

Виходячи з вище зазначеного можна констатувати, що умова міцності виконується.

Перед збиранням деталі ЦПГ треба продіагностувати, саме тому нами розроблено пристрій для перевірки деталей ЦПГ на згин і кручення. Пристрій представлено на аркуші графічної частини.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті на тему "Удосконалення технічного сервісу машинно-тракторного парку з розробкою пристосування для перевірки технічного стану ЦПГ і клапанів двигунів" було виконано комплексне дослідження та розробка інноваційного пристосування, спрямованого на підвищення ефективності технічного обслуговування та ремонту сільськогосподарської техніки. На основі проведеного дослідження можна зробити наступні висновки.

В процесі виконання проєкту було проведено детальний аналіз існуючих методів діагностики технічного стану ЦПГ і клапанів двигунів. Виявлено, що більшість сучасних методів мають низку недоліків, зокрема складність у використанні, висока вартість обладнання та значні витрати часу на проведення діагностики. Це підтвердило необхідність розробки нового пристосування, яке б задовольняло потреби аграрного сектору.

Проведений аналіз типових несправностей та причин їх виникнення показав, що основні проблеми виникають через зношування деталей та порушення герметичності. Визначені вимоги до нового пристосування, яке має бути простим у використанні, надійним та економічно вигідним.

Було розроблено технічні характеристики та конструкцію пристосування для перевірки технічного стану ЦПГ і клапанів двигунів. Розроблене пристосування включає в себе інноваційні технічні рішення, які дозволяють швидко і точно оцінити стан двигуна без значних витрат часу та ресурсів. Також була розроблена технологія виготовлення та інструкція з експлуатації пристосування. Використання цього пристосування дозволяє знизити витрати на технічне обслуговування та ремонт МТП, що сприяє підвищенню рентабельності аграрних підприємств.

На основі отриманих результатів були сформульовані рекомендації щодо впровадження розробленого пристосування у практику технічного обслуговування і ремонту машинно-тракторного парку. Рекомендації включають в себе поради щодо оптимальних умов експлуатації, регулярності проведення діагностики та подальшого вдосконалення технічного сервісу.

Таким чином, виконаний дипломний проект має значний практичний внесок у підвищення ефективності технічного обслуговування машинно-тракторного парку. Розроблене пристосування сприяє поліпшенню надійності та довговічності сільськогосподарської техніки, що є важливою складовою успішного розвитку аграрного сектору України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабич В. В. Технічне обслуговування машин і обладнання. Київ : Освіта України, 2018. 340 с.
2. Василенко М. В. Діагностика технічного стану тракторів. Харків : ХНТУСГ, 2016. 220 с.
3. Гончар О. М. Основи технічного сервісу машинно-тракторного парку. Львів : ЛНТУ, 2017. 195 с.
4. Дмитренко В. С. Технічне обслуговування і ремонт сільськогосподарських машин. Одеса : ОНТУ, 2015. 310 с.
5. Єфремов П. П. Технології відновлення деталей машин. Полтава : ПолтНТУ, 2019. 280 с.
6. Жук А. І. Технічна експлуатація машинно-тракторного парку. Вінниця : ВНТУ, 2018. 325 с.
7. Іваненко М. М. Механізація сільського господарства. Дніпро : ДДАЕУ, 2016. 290 с.
8. Карпенко О. П. Основи технічної експлуатації машин. Умань : УНУС, 2017. 250 с.
9. Коваленко В. А. Технічне обслуговування машинно-тракторного парку. Миколаїв : МНАУ, 2019. 275 с.
10. Кривоніс В. В. Шляхи удосконалення технічного обслуговування машинно-тракторного парку. Харків : ХНТУСГ, 2020. 200 с.
11. Лисенко С. І. Організація і планування технічного обслуговування тракторів. Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. 190 с.
12. Мартиненко В. Г. Ремонт сільськогосподарської техніки. Суми : СНАУ, 2017. 230 с.

13. Мельник О. В. Технічний сервіс в аграрному секторі. Київ : НУБіП, 2016. 310 с.
14. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.
15. Остапенко І. П. Технічне обслуговування тракторів і автомобілів. Черкаси : ЧНТУ, 2015. 320 с.
16. Павленко О. Л. Технічний сервіс сільськогосподарської техніки. Тернопіль : ТНТУ, 2018. 280 с.
17. Семенов М. В. Основи діагностики і технічного обслуговування машин. Рівне : НУВГП, 2016. 300 с.
18. Ткаченко П. С. Ремонт тракторів і автомобілів. Хмельницький : ХНУ, 2019. 290 с.
19. Усик В. К. Технічне обслуговування і ремонт машин. Суми : СНАУ, 2018. 310 с.
20. Федоренко С. М. Експлуатація і технічне обслуговування тракторів. Київ : НУБіП, 2017. 270 с.
21. Харченко Д. П. Проектування технічного обслуговування машин. Одеса : ОНТУ, 2016. 230 с.
22. Цап В. І. Модернізація технічного сервісу машинно-тракторного парку. Львів : ЛНТУ, 2019. 250 с.
23. Чорний А. Г. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі. Ужгород : УжНУ, 2015. 280 с.
24. Шевченко І. М. Технічне обслуговування сільськогосподарських машин. Полтава : ПолтНТУ, 2017. 275 с.