

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка**

Л.М. Бивалькевич, В.С. Люлька

**ОСНОВИ
НАДІЙНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ
ТРАНСПОРТНИХ МАШИН**

**Навчально-методичний посібник
з практичних робіт**

Чернігів - 2019

УДК 621.8 (076)
ББК К44 я73
О 75

Рецензенти:

Болотов Г.П. – доктор технічних наук, професор кафедри ЗВ та АПБК Чернігівського національного технологічного університету;

Ребенок В.М. – кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри професійної освіти та безпеки життєдіяльності Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка.

Укладачі: Л.М. Бивалькевич, В.С. Люлька

О 34 Основи надійності і довговічності транспортних машин: навчально-методичний посібник з практичних робіт. Для студентів технологічного факультету / Укл. Л.М. Бивалькевич, Люлька В.С. Чернігів : НУЧК імені Т.Г. Шевченка, 2019. 120 с.

В посібнику висвітлені зміст, питання організації і проведення практичних робіт з дисципліни "Основи надійності і довговічності транспортних машин", надана необхідна інформаційна база для підготовки до їхнього виконання, наведені вимоги до форми звітності. Кожна практична робота містить запитання для самоконтролю.

Рекомендовано до друку вченою радою
технологічного факультету
Національного університету «Чернігівський колегіум»
імені Т.Г. Шевченка
(протокол № 5 від 04 лютого 2019 року)

© Бивалькевич Л.М., Люлька В.С., 2019

ЗМІСТ

ВСТУП	5
ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ.....	6
ПРАКТИЧНА РОБОТА №1 ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ І КОНСТРУКТИВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН НА ПОКАЗНИКИ НАДІЙНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ	7
ПРАКТИЧНА РОБОТА №2 ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕТАЛЕЙ НА НАЯВНІСТЬ ПРИХОВАНИХ ДЕФЕКТІВ ТА ВПЛИВ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ І НАДІЙНІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН.....	22
ПРАКТИЧНА РОБОТА №3 ВИВЧЕННЯ ДЕФЕКТІВ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛА ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ, ВПЛИВ НА НАДІЙНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН	34
ПРАКТИЧНА РОБОТА №4 ВИВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ (РЕМОНТ ТА ВІДНОВЛЕННЯ) І ДОВГОВІЧНОСТІ КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН	45
ПРАКТИЧНА РОБОТА №5 ВИВЧЕННЯ ДЕФЕКТІВ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ВПЛИВ НА НАДІЙНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН.....	53
ПРАКТИЧНА РОБОТА №6 ВИВЧЕННЯ ДЕФЕКТІВ ДЕТАЛЕЙ ШАТУННО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ (ШПГ) ТРАНСПОРТНИХ МАШИН ЇХ ВПЛИВ НА НАДІЙНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН	62

ПРАКТИЧНА РОБОТА №7 ВИВЧЕННЯ ДЕФЕКТІВ ВАЛІВ, ШЕСТЕРЕНЬ, ПІДШИПНИКІВ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН ТА ВПЛИВ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ І НАДІЙНІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН.....	77
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН. ВПЛИВ ЗАБРУДНЕННЯ НА НАДІЙНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ ТИПОВИХ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН.....	88
ПРАКТИЧНА РОБОТА №9 ЗАГАЛЬНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМОБІЛЯ ОРГАНІЗАЦІЯ І ТЕХНОЛОГІЯ ПРОВЕДЕННЯ ЕТО, ЩТО, ТО-1, ТО-2 ТА ВПЛИВ НА НАДІЙНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН.....	95
ПРАКТИЧНА РОБОТА №10 ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗРОЗБІРНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ПОКАЗНИКИ НАДІЙНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН ТРАНСПОРТНИХ МАШИН.....	104
ТЕМИ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ	112
ПИТАННЯ ДО ЗАЛІКУ	113
ЛІТЕРАТУРА	118

ВСТУП

Основними завданнями курсу **"Основи надійності і довговічності транспортних машин"** є узагальнення інженерного досвіду вивчення основних критеріїв надійності і довговічності транспортних машин, їх підвищення та відновлення, вивчення дефектів, процесів та причин поломки та зношування частин автомобіля.

Практичні роботи, виконання яких передбачене робочими навчальними програмами кредитного модуля **"Основи надійності і довговічності транспортних машин"**, є невід'ємною частиною курсу.

Практична робота в лабораторії має на меті ознайомити закріпити і поглибити теоретичні знання студентів з основ експериментального вивчення критеріїв надійності і довговічності транспортних машин, перевірити окремі теоретичні відомості, що отримані на лекціях, глибше вникнути в фізичну сутність явищ, що вивчаються і розвинути навички самостійної постановки і проведення експериментів.

Метою навчального посібника є допомога та полегшення роботи студентів при їх підготовці до практичних занять. У ньому представлені 9 практичних робіт, які охоплюють найбільш важливі розділи курсу **"Основи надійності і довговічності транспортних машин"**. Надані теоретичні відомості, наведені методики виконання практичних робіт, а також вказані вимоги до структури і змісту звіту, важливі додатки.

Порядок виконання робіт визначається навчальною програмою, а обсяг питань, що досліджуються в них може бути скоректований викладачем.

ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

1. До виконання практичних робіт студенти допускаються тільки після проведення інструктажу з техніки безпеки і відповідного розпису в журналі техніки безпеки. При невиконанні правил з техніки безпеки під час виконання практичної роботи студент видаляється з лабораторного заняття і вважається на ньому відсутнім.

2. Перед виконанням практичної роботи студент повинен ознайомитись із цим методичним посібником, законспектувати та засвоїти теоретичний матеріал, усвідомити мету й завдання дослідження, ознайомитись з методикою виконання роботи, пристроєм експериментальної установки, приладами й інструментом. Якість підготовки до лабораторної роботи перевіряється перед її виконанням викладачем.

3. Всі виміри, спостереження, обчислення виконуються кожним студентом самостійно або по групах. Одночасне виконання студентом декількох практичних робіт забороняється.

4. Після закінчення експериментів студент зобов'язаний прибрати своє робоче місце, обробити отримані дані, оформити звіт по практичній роботі й здати (захистити) його викладачу. Звіти оформлюються на аркушах формату А4. Бланки протоколів, форма й зміст яких відповідає виконуваній роботі, наведені в кінці кожної практичної роботи.

5. Практична робота вважається виконаною за наявності підпису викладача. Відпрацювання пропущеного практичного заняття проводиться згідно з графіком відпрацювань у спеціально відведений для цього час під керівництвом лаборанта.

Практична робота № 1
ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ І
КОНСТРУКТИВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН
НА ПОКАЗНИКИ НАДІЙНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ

Мета роботи: отримати уявлення про надійність і довговічність транспортних машин, процес зношування деталей і складальних одиниць транспортних машин, швидкість і інтенсивність зношування на конкретних виробках, що були в експлуатації, визначити основні причини зношування, розробити рекомендації щодо зменшення основних параметрів зношування.

Завдання роботи

1. Визначити умови роботи деталей і складальних одиниць.
2. Визначити вид зношування деталей і складальних одиниць.
3. Розрахувати швидкість і інтенсивність зношування.
4. Виявити основні причини зношування.
5. Запропонувати рекомендації щодо зменшення основних параметрів зношування.

Додаткові засоби: деталі, складальні одиниці або їх фрагменти, колишні в експлуатації, штангенінструмент або мікрометричний інструмент з ноніусним відліком, збільшувальне скло, калькулятор.

Короткі теоретичні відомості

Транспортні машини, виконують загальну і головну виробничу функцію перевезення вантажів і пасажирів. Автотранспортними засобами називається автомобіль, переміщення якого по поверхні землі здійснюється за допомогою сили, яка створюється взаємодією коліс з дорогою чи ґрунтом. До них відносяться вантажні автомобілі, автобуси і автотягачі, що складаються з автомобіля тягача і одного чи декількох причепів (напів причепів).

Надійність транспортних машин – це встановлення, забезпечення і підтримання їх заданого рівня, який здійснюється шляхом систематичного контролю і цілеспрямованої дії на умови та фактори, що впливають на надійність. Надійність виробів машинобудування закладається на стадії конструювання. Характер зміни технічного стану елементів машин та їх надійність залежать від конструкцій, застосованих матеріалів, захисних покриттів, мастила та ін.

Надійність машин забезпечується на стадії виробництва. Важливими заходами при цьому є технологічні методи підвищення надійності деталей та вузлів машини.

Реалізується надійність виробів в експлуатації. Наскільки повно виявляється закладена у машині надійність у процесі роботи, визначається прийнятою системою, якістю технічного обслуговування і ремонту, кваліфікацією обслуговуючого персоналу, впливом зовнішнього середовища тощо.

Надійність характеризується такими показниками: працездатністю, безвідмовністю (часом безвідмовної роботи, терміном роботи), наробкою на відмову та ін.

Працездатність – стан виробу, при якому в даний момент часу його основні (робочі) параметри знаходяться в межах, встановлених вимогами технічної документації.

Безвідмовність – властивості об'єкту безперервно зберігати працездатність протягом деякого часу або деякого напрацювання.

Довговічність – властивості об'єкту зберігати працездатність до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту.

Ремонтпридатність – властивості об'єкту, що полягає в пристосованості до попередження і виявлення причин виникнення його відмов, пошкоджень і усуненню їх наслідків шляхом проведення ремонтів і технічного обслуговування.

Всі вузли та деталі транспортних машин які знаходяться у спряженнях працюють в умовах тертя. При всіх видах тертя третьові поверхні руйнуються (зношуються).

Зношування – це процес руйнування та відділення матеріалу з поверхні твердого тіла й (або) нагромадження його залишкової деформації при терті, що проявляється в поступовій зміні розмірів і (або) форми тіла.

Знос деталей – результат зношування, обумовлений у встановлених одиницях.

Зношування деталей машин супроводжується складними фізико-хімічними явищами й різноманітними факторами, що впливають на нього. Зношування залежить від матеріалу і якості поверхонь тертя, характеру й швидкості їх взаємного переміщення, характеру контакту, виду та значення навантаження, виду тертя, змащення та мастильних матеріалів, а також від багатьох інших факторів. Установлено три групи видів зношування в машинах: механічне, корозійно-механічне та при дії електричного струму.

За ДСТУ 2823, для уніфікації уявлень про основні процеси при зношуванні їх класифікують на три основні групи (табл. 1).

Таблиця 1

Види зношування

Ознака класифікації	Вид
Механічне зношування	Абразивне, гідро-газоабразивне, гідро-газоерозійне, кавітаційне, утомне, фретингове, адгезійне
Механіко-хімічне зношування	Окиснювальне, фретинг-корозійне
При дії електричного струму	Електроерозійне

Механічне зношування – це зношування в результаті механічної дії. Руйнування поверхневого шару матеріалу відбувається в процесі силового впливу з боку зовнішнього середовища, яке рухається відносно поверхні тіла, рідини та ін. Різновиди механічного зношування обумовлені специфічними явищами, які викликають руйнування робочих поверхонь, а саме:

- **абразивне** – механічне зношування матеріалу внаслідок різальної або дряпаючої дії на нього твердих частинок, які перебувають у вільному або закріпленому стані;

- **гідроабразивне (газоабразивне)** відбувається внаслідок дії твердих частинок, що їх переносить потік рідини (газу);

- **гідроерозійне (газоерозійне)** – механічне зношування в результаті дії потоку рідини (газу) ;

- **утомне** – механічне зношування внаслідок руйнування від втоми в умовах багаторазового деформування мікрооб'ємів матеріалу поверхневого шару;

▪ **кавітаційне** – механічне зношування в умовах руху твердого тіла відносно рідини, коли утворені в рідині парогазові бульбашки захоплюються біля поверхні, що призводить до створення локального високого тиску або температури;

▪ **фретингове** – механічне зношування тіл, які перебувають у контакті в умовах коливальних відносних мікрозміщень;

▪ **адгезійне** – механічне зношування при дії на контрповерхню нерівностей, які виникли в результаті схоплення, глибинного виривання та переносу матеріалу з однієї поверхні на іншу.

Механікохімічне зношування відбувається через механічну взаємодію, яка супроводжується хімічною і (або) електрохімічною взаємодією матеріалу із середовищем. Різновиди цього зношування:

▪ **окиснювальне** – механікохімічне зношування, при якому основний вплив має хімічна реакція матеріалу з киснем або окислювальним навколишнім середовищем;

▪ **фретинг-корозійне зношування** – механікохімічне зношування контактуючих тіл при незначних коливальних відносних переміщеннях.

Електроерозійне – зношування матеріалу внаслідок дії на поверхню тертя розрядів електричного струму.

В умовах експлуатації деталі транспортних машин підлягають практично всім видам зношування. Наприклад, абразивне зношення типове для робочих органів ґрунтообробних машин – лемешів, дисків та ін., деталей ходової частини – траків гусениць, котків та ін. Гідро-газоабразивне зношення спостерігається на деталях розпилювачів поливних установок, обпилювачів, водяних насосів. Приклад гідроерозійного зношування – це руйнування робочих кромek золотників гідравлічних агрегатів, клапанів запірних та регулювальних пристроїв гідравлічних і парових систем. Утомне зношування характерно для зубів шестерень та доріжок кочення підшипників. Кавітаційному зношуванню підлягають зовнішні поверхні гільз циліндрів двигунів внутрішнього згорання, лопатки відцентрових насосів. Фретингове зношування притаманне деталям нерухомих з'єднань типу корпус – підшипник, шліцьовий вал – шестерня. Адгезійне зношування найчастіше спостерігається в парах тертя – ковзання (торцеві ущільнення гідросистем, колінчастий вал-вкладиш в умовах порушення режимів мащення). Окиснювальне зношування відбувається в тому випадку, коли на контактуючих поверхнях виникають плівки окислів, які в процесі

тертя руйнуються і знову утворюються. Цей вид зношування спостерігається в шарнірно-болтових з'єднаннях тяг і важелів механізмів керування. Ковзаючі електричні контакти типу щітка-колектор є типовим прикладом з'єднання, де деталі зазнають дії електроерозійного зношування.

Для оцінки зношування поверхонь тертя використовують регламентовані визначення характеристик процесу. До них належать поняття про граничні та допустимі зноси, швидкість та інтенсивність зношування.

Граничний знос – це знос, який відповідає граничному стану об'єкта або його складової частини.

Допустимий знос – знос, при якому об'єкт зберігає працездатність протягом установленого напрацювання (допустимий знос завжди менший від граничного).

Швидкість зношування – відношення величини зносу U до інтервалу часу t , протягом якого він виникає:

$$V = \frac{U}{t}, \quad (1)$$

Інтенсивність зношування – відношення величини зносу до шляху тертя, уздовж якого відбувалося зношування, або до обсягу виконаної роботи.

Відповідно до одиниць виміру зносу розрізняють лінійну, об'ємну і масову інтенсивності зношування. Наприклад, лінійна інтенсивність зношування I_h розраховується за формулою:

$$I_h = \frac{\Delta h}{L} = \frac{U_n}{L}, \quad (2)$$

де $\Delta h = U_n$ – товщина зношеного шару, м; L – шлях тертя, де відбувається знос, м;

Для характеристики здатності матеріалу чинити опір зношуванню часто використовують термін "зносостійкість". Кількісно зносостійкість оцінюється величиною, яка є оберненою інтенсивності або швидкості зношування.

Методи вимірювання зношування

Для визначення кількісних параметрів зносу, необхідних для характеристики вивчаємого процесу, здійснюється під час лабораторних досліджень, стендових та експлуатаційних випробувань. Залежно від призначення вимірювання зносу здійснюють одним з наведених основних методів: мікрометражним вимірюванням, зважуванням, визначенням продуктів зношування в мастилi, за допомогою поверхневої активації, вмонтованих датчиків та штучних баз та інші.

Метод *мікрометражного вимірювання* – найбільш поширений метод, який застосовується для виявлення динаміки і характеру зношування робочих поверхонь деталей. Він базується на визначенні зносу шляхом визначення розмірів деталей (або зразків) вимірювальними інструментами (мікрометрами, індикаторами та ін.) до і після зношування. Величина зносу визначається як різниця розмірів поверхонь деталей до і після зношування. До недоліків цього методу можна віднести наступне: необхідність розбирання вузла, складність повторювання вимірювання в одних і тих же точках, недостатня точність при невеликих значеннях зносу, значний вплив суб'єктивного фактору тощо.

Профілографування поверхонь – це графічне відображення мікротопографічного рельєфу зношеної поверхні за допомогою спеціальних приладів – профілографів. Отримані профілограми містять зображення поверхонь до і після зношування, обробка цих профілограм надає можливість визначити фактичний знос поверхонь.

Зважуванням визначається масовий сумарний знос поверхонь. Вимірювання складається з визначення різниці маси деталі до і після зношування. Недоліком методу є неможливість визначити значення зносу на різних поверхнях тертя та необхідність розбирати з'єднання.

Метод *штучних баз* полягає у визначенні зміни розмірів штучно нанесених заглиблень на поверхню, знос якої вивчається. Заглиблення виконують натисканням індентора (конусного або пірамідального) для отримання відбитків або вирізанням лунок. Найрозповсюдженим є метод вирізання лунок на поверхні тертя тригранним алмазним різцем, що обертається. На відміну від попереднього способу (нанесення відбитків), вирізання не створює

напливів від тиснення, що надає більш реальну картину процесу, який досліджується.

Величина зносу плоскої поверхні з використанням вирізаних лунок (рис. 1) визначають за формулою:

$$u_n = \Delta h = h - h_1 = \frac{\ell^2 - \ell_1^2}{8r}, \quad (3)$$

де Δh – товщина зношеного шару (знос); h, h_1 – відповідно глибина відбитка до і після зношування; ℓ, ℓ_1 – відповідно довжина лунки до і після зношування; r – радіус, описаний верхівкою різця.

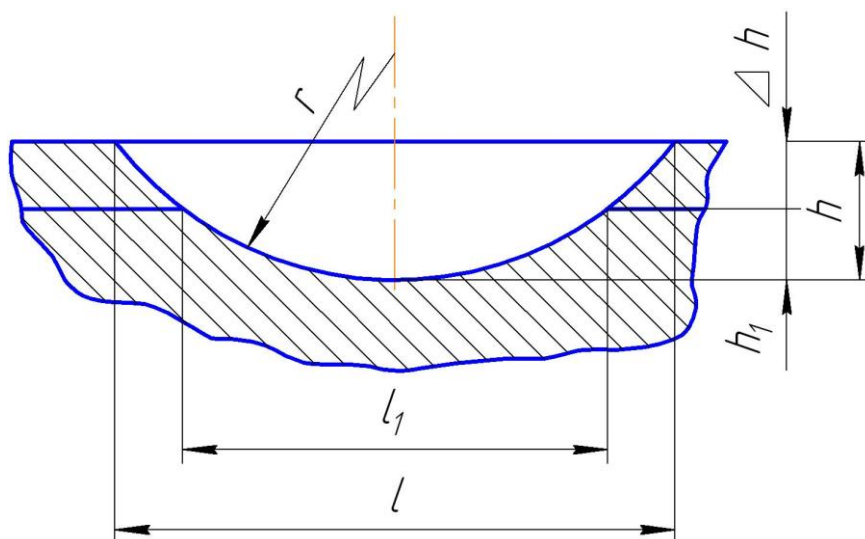


Рис. 1. Схема визначення зносу методом вирізування лунок

При визначенні зносу циліндричної поверхні користуються формулою:

$$u_n = \Delta h = 0,125(\ell^2 - \ell_1^2) \left(\frac{1}{r} \pm \frac{1}{R} \right), \quad (4)$$

де R – радіус кривизни поверхні тертя на місці лунки.

У формулі (4) приймають знак "плюс" для опуклих, "мінус" – вгнутих поверхонь.

Для визначення зносу за вмістом продуктів зношування в мастилі періодично відбирають його проби з порожнин об'єкта, що

експлуатується. Відібрані проби спалюються і за допомогою хімічного або спектрального аналізу золи спаленого масла визначається вміст елементів матеріалів, з яких виготовлені деталі. Цей метод не потребує розбирання вузла, але і не дає диференціювати знос різних поверхонь деталей з однаковим хімічним складом.

Метод визначення зносу деталей за допомогою *поверхневої активації* дає сталу інформацію про вузли діючих агрегатів, які зазнають тертя. Радіоактивність досягається опромінюванням деталей або установкою вставок у зони тертя. У першому способі продукти зношування виносяться маслом разом із радіоактивним ізотопом і проходять через лічильник імпульсів, що визначає радіоактивність масла, яка збільшується по мірі спрацьовування поверхонь деталей. При застосуванні вставок у процесі роботи і зношування активованої зони зменшується активність випромінювання, що реєструється спеціальною апаратурою.

Хід процесу зношування в часі має вигляд кривої залежності зносу u від часу t (рис. 2).

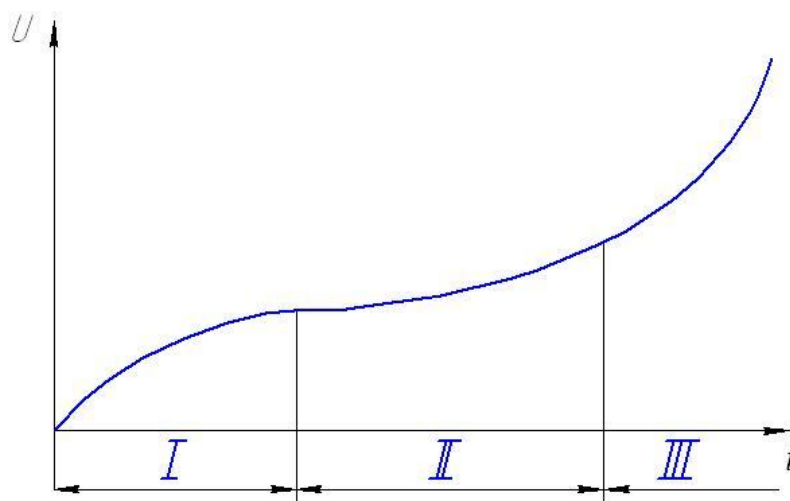


Рис. 2. Залежність зносу від тривалості часу (обсягу робіт):

I – стадія припрацювання;

II – стадія нормальної роботи;

III – стадія аварійного зношування

Зношування відбувається в три стадії (періоди). На стадії I здійснюється припрацювання контактуючих поверхонь деталей (графік наводить зміни зносу тільки однієї з поверхонь). Ця стадія характеризується нестабільністю параметрів тертя, початковою

високою швидкістю зношування du/dt , що обумовлено значними пластичними деформаціями нерівностей поверхневих шарів деталей, перебудовою технологічного мікрорельєфу поверхонь на експлуатаційний та зміною фізико-механічних властивостей.

Найтриваліша – стадія II. Ця ділянка кривої відповідає періоду нормальної роботи з'єднання після припрацювання. При нормальній роботі спостерігається стабілізація параметрів тертя, швидкість зношування відносно невелика і приблизно однакова і стала.

Знос деталей поступово спричиняє до погіршенню умов тертя при роботі з'єднань, у результаті чого швидкість зношування різко зростає. Цей період процесу зношування відповідає кривій на стадії III.

Криві зміни зносу в часі залежно від умов роботи деталей (виду з'єднання, фізико-механічних властивостей поверхонь тощо) можуть мати не всі три стадії вихідної (класичної) кривої, а дві або одну (рис. 3).

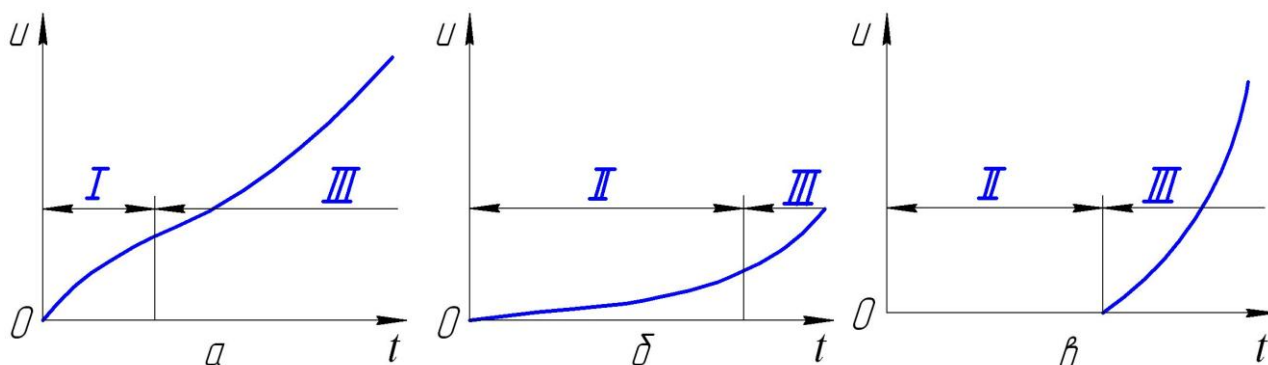


Рис. 3. Приклади графіків процесу зношування:

а – відсутня стадія нормальної роботи;

б, в – відсутня стадія припрацювання

Представлення законів зношування в аналітичній формі – складне завдання і перебуває в процесі становлення.

Професор О.С. Проніков сформулював особливості, якими повинні характеризувати закони зношування. На його думку закони зношування в аналітичній формі – це залежність зносу від таких факторів:

- силових і кінематичних параметрів i , у першу чергу, від тиску на поверхню тертя і швидкості відносного ковзання (від факторів P і V);

- параметрів, які характеризують склад, структуру і механічні властивості матеріалів трибосистеми;
- властивостей поверхневого шару деталей;
- видів тертя і мащення;
- зовнішніх умов, які впливають на процес зношування – температури, вібрації та ін.

Крім того, усі закономірності повинні описувати зміни зносу в часі.

Одна із загальних формул для розрахунку зносу u при множинному контакті за теорією І.В. Крагельського має вигляд:

$$u = K\alpha \sqrt{\frac{h}{R} \frac{P_a}{P_r} \frac{1}{n}}, \quad (5)$$

де K – стала, яка визначається формою і розташуванням по висоті одиничних нерівностей на поверхнях (звичайно $K=0,2$); α – коефіцієнт перекриття, який залежить від відношення номінальної площі контакту A_a до фактичної A_r ; h – глибина впровадження; R – радіус одиничної мікронерівності; P_a , P_r – відповідно тиск на номінальній A_a та фактичній A_r площинах контакту; n – кількість циклів, що приводять до руйнування об'єму, який деформується.

Відношення h/R визначає вид фрикційного зв'язку, умови тертя відношення P_a/P_r пов'язане з якістю поверхні, множник $1/n$ характеризує опір втомі та вводить у рівняння часовий зв'язок.

Залежно від теорії контактування, матеріалів, пари тертя, умов роботи з'єднання, необхідної точності розрахунків, в теорії надійності розроблено методики та аналітичні вирази, за допомогою яких виконують інженерні розрахунки для багатьох видів зношування.

Експериментальна частина

Завдання на виконання лабораторної роботи включає наступні операції:

1. Зобразити ескіз деталі (складальної одиниці) із зазначенням розмірів, необхідних для визначення швидкості та інтенсивності зношування.

2. Обґрунтувати призначення деталі (складальної одиниці) у виробі.

3. Визначити умови роботи деталі (складальної одиниці).
4. Визначити і обґрунтувати вид зношування.
5. Розрахувати швидкість і інтенсивність зношування.
6. Встановити причини зношування.
7. Розробити і обґрунтувати рекомендації щодо зменшення основних параметрів зношування.
8. Зробити висновок про виконану роботу.
9. Надати повністю оформлений звіт викладачеві для перевірки і захисту лабораторної роботи.

Технологія роботи

Перед початком практичної роботи необхідно ознайомитися з деталями (складальними одиницями), визначити їх розташування в агрегаті (виробі) і призначення. Виконати ескізи відповідно. Вимірювання розмірів зробити штангенінструментом, мікрометром (для більш точних і відповідальних вимірювань) з ноніусним відліком. Відповідно до визначених критеріїв визначити умови роботи деталі (складальної одиниці).

За характерними ознаками, наведеними в або в загальній теоретичній частині, візуально визначити і обґрунтувати вид (види) зношування, характерні для деталей (складальних одиниць). За результатами виконаних вимірів деталей (складальних одиниць) і залежностями розрахувати швидкість і інтенсивність зношування. Значення зносу визначити як різницю розмірів до початку експлуатації, після закінчення роботи деталі (складальної одиниці) встановити можливі причини зношування, які можуть бути наслідком також помилок при проектуванні, неякісного виготовлення, порушення умов роботи, визначених у керівництві з експлуатації, інших чинників.

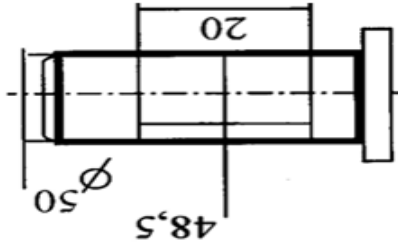
На підставі виявлених причин зношування розробити рекомендації щодо зменшення основних параметрів зношування. Ці рекомендації можуть включати заходи щодо зменшення (збільшення) основних параметрів тертя, запобігання помилок при конструюванні, неякісного виготовлення, порушення вимог експлуатації.

Вимоги до звіту

Результати виконання лабораторної роботи представити у вигляді таблиці.

Таблиця 2

Результати досліджень зношування деталей машин

№ п/р	Найменування деталі (складальної одиниці)	Ескіз деталі (складальної одиниці)	Призначення	Умови роботи	Вид зношування	III видкість зношування, мкм/год.	Інтенсивність зношування	Причини зношування	Рекомендації щодо зменшення основних параметрів зношування
1.	Вісь коромисла карбюраторного двигуна	 <p>Technical drawing of a shaft with diameter 48,5 and length 20.</p>	Опора коромисла газорозподільного механізму	Важкі	Механічне (абразивне), корозійно-механічне (окиснювальне)	0,02	0,075	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гранічне гертя. 2. Невідповідність прийнятій посадці умов експлуатації. 3. Порушення режимів термообробки при виготовленні. 4. Використання низькоякісного моторного масла. 5. Робота при високих температурних режимах. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Застосування рідинного гертя. 2. Правильний вибір посадки. 3. Виконання термообробки в встановлених режимах. 4. Використання більш зносостійких високомішних матеріалів. 5. Використання якісних матеріалів. 6. Дотримання температурних режимів.

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте поняття "внутрішнє" і "зовнішнє" тертя.
2. Що таке неповна сила тертя спокою, найбільша сила тертя спокою, сила тертя руху?
3. Як розрізняють тертя за характером відносного руху?
4. Чим характеризується тертя без змащення?
5. Охарактеризуйте граничне тертя.
6. Що таке рідинне тертя?
7. Чим характеризується зношування і знос?
8. Як визначається швидкість і інтенсивність зношування?
9. Якими стадіями характеризується крива зношування?
10. Як поділяються види зношування?
11. Охарактеризуйте абразивний і ударно-абразивне зношування?
12. Якими критеріями визначаються гідро- і газоподібне зношування?
13. Чим характеризуються утомлююче зношування?
14. Яка природа ерозійного зношування?
15. Як відбувається кавітаційне зношування?
16. Чим характеризується зношування при заїданні?
17. Що таке виборчий перенесення?
18. Як відбувається окисне зношування?
19. Яка природа фретинг-корозії?
20. Чим характеризується водневе зношування?

Практична робота № 2
ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕТАЛЕЙ
НА НАЯВНІСТЬ ПРИХОВАНИХ ДЕФЕКТІВ ТА ВПЛИВ
НА ДОВГОВІЧНІСТЬ І НАДІЙНІСТЬ
ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Мета: вивчити основні методи діагностування стану деталей і вузлів машин та отримати практичні навички. Розробити рекомендації щодо діагностуванню та подальшому використанню деталей і вузлів машин.

Завдання роботи

1. Визначити умови роботи деталей і складальних одиниць.
2. Визначити методи діагностування стану деталей і складальних одиниць.
3. Виявити основні причини зношування.
4. Після діагностики запропонувати рекомендації щодо подальшому використанню деталей і вузлів машин

Додаткові засоби: деталі, складальні одиниці або їх фрагменти, колишні в експлуатації; штангенінструмент або мікрометричний інструмент з ноніусним відліком; збільшувальне скло.

Короткі теоретичні відомості

Вузли і деталі дефектують з метою оцінювання їхнього технічного стану і визначення можливості їхньої подальшої експлуатації чи необхідності відновлення.

У результаті дефектів спряжень і деталей складається відомість дефектів, що є основним документом для подальшого проведення ремонтних робіт, відновних операцій, виявлення потреби в запасних частинах, матеріалах, що визначають вартість ремонту машини.

Під час дефектування деталі поділяють на п'ять груп і маркують фарбуванням: придатні (зелений), придатні в поєднанні з новими чи відновленими до початкових розмірів деталями (жовтий), підлягають ремонту в майстерні чи на спеціалізованому

підприємстві (білий), підлягають ремонту тільки на спеціалізованому підприємстві (синій) і непридатні – утиль (червоний).

Стан деталей, з'єднань і вузлів можна визначити шляхом зовнішнього огляду, перевіркою на дотик, перевіркою за допомогою вимірювального інструменту і т. ін.

Оглядом при розбиранні виявляють комплектність машини, зруйновані деталі (злами, тріщини, викришування поверхонь і т. д.).

Перевіркою на дотик визначають знос і змінання ниток різей на деталях шляхом попереднього затягування, легкість повертання елементів кочення роликів і кулькових підшипників в обоймах, легкість переміщення шестерень по шліцьових валах, наявність втомних раковин і шорсткості на зубах шестерень і елементах кочення підшипників.

Перевіркою простукуванням виявляють щільність посадки штифтів і шпильок у корпусах і кришках (штифт чи шпилька, що щільно сидять, видають дзвінкий металічний звук); щільність посадки проміжних втулок, що при легкому натягу й при пресовій посадці повинні видавати дзвінкий металічний звук, і наявність тріщин, які не можна знайти оглядом (деталь, що має тріщину, видає деренчливий звук).

Перевіркою за допомогою універсальних вимірювальних інструментів визначають відхилення з'єднань від заданого зазору чи натягу деталей від заданого розміру, від площинності, форми, профілю.

Для цієї мети використовують штангенциркулі, мікрометри, індикаторні нутроміри, щупи, штангенрейсмуси, штангензубоміри, універсальні штативи з індикаторами, перевірочні плити, лінійки і цілий ряд інших вимірювальних приладів: оптиметри, мініметри, інструментальні мікроскопи. Наприклад, знос зуба шестірні можна визначити штангензубоміром, вимірюючи його товщину на визначеній встановлювальній висоті; знос шийки вала визначають мікрометром, циліндрів – індикаторним нутроміром; відхилення від площинності головки циліндрів – лінійкою, щупом і т. д.

Перевіркою за допомогою твердого граничного інструмента виявляють величину зносу деталей з циліндричними робочими зовнішніми і внутрішніми поверхнями, а також деталей з фасонними поверхнями (зуби, шліци, канавки під поршневі кільця, шпонкові канавки, кульові поверхні й ін.).

Тверді шаблони виготовляють за принципом однограничних скоб. Наприклад, шестерні вимірюють шаблоном (рис. 1), розмір A

якого дорівнює припустимій базі ремонту товщини зуба, а розмір B номінальній висоті головки зуба. Шестірня вважається придатною до подальшої роботи, якщо між вершиною зуба і шаблоном залишається зазор S .

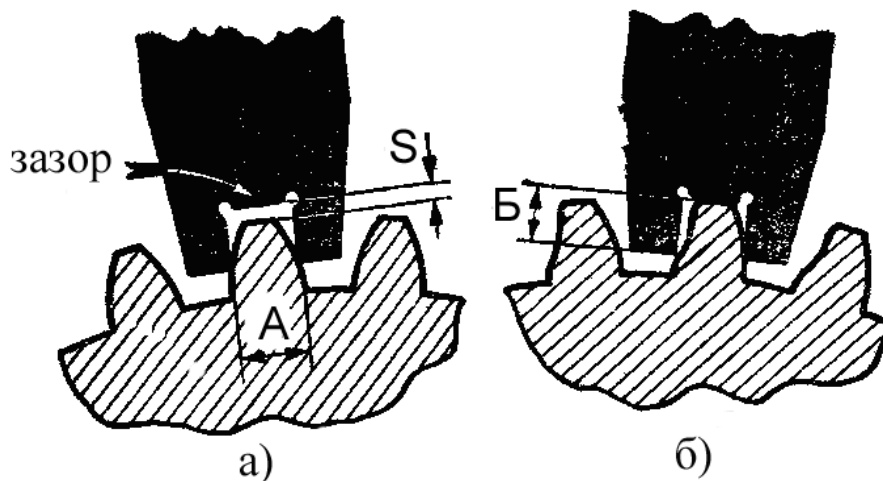


Рис. 1. Вимірювання зубів шестірні шаблоном:

- а - положення шаблона на незношеному зубі;
- б - положення шаблона на зношеному зубі

Для вибракування деталей за внутрішнім діаметром шаблони (пробки) виготовляються також однограничними (плоскими в перерізі) тому, що зношений отвір є звичайно овалом, найбільший діаметр якого контролюється шаблоном.

Для вибракування деталей за зовнішнім діаметром застосовують граничні скоби (звичайно багаторозмірні – для зменшення кількості бракувального інструменту).

Перевіркою за допомогою спеціальних приладів, пристроїв і устаткування виявляють ряд несправностей у вузлах і деталях машин. Наприклад, тріщини в блоці і головці блока, у вихлопних і всмоктувальних трубах, герметичність серцевини радіатора й інших деталей визначають шляхом гідравлічного або пневматичного випробування на стендах. Пружність деталей (пружин, кілець) перевіряють за допомогою приладу КП-0507 з ваговим механізмом. Биття і погнутість шийок валів перевіряють у центрах або при установленні на призмах; вигин і перекіс осей шатунів – на спеціальному приладі. За допомогою універсального індикаторного приладу КИ-1223 перевіряють радіальний зазор у підшипниках кочення (рис. 2) і відповідно до технічних умов проводять їх дефектування.

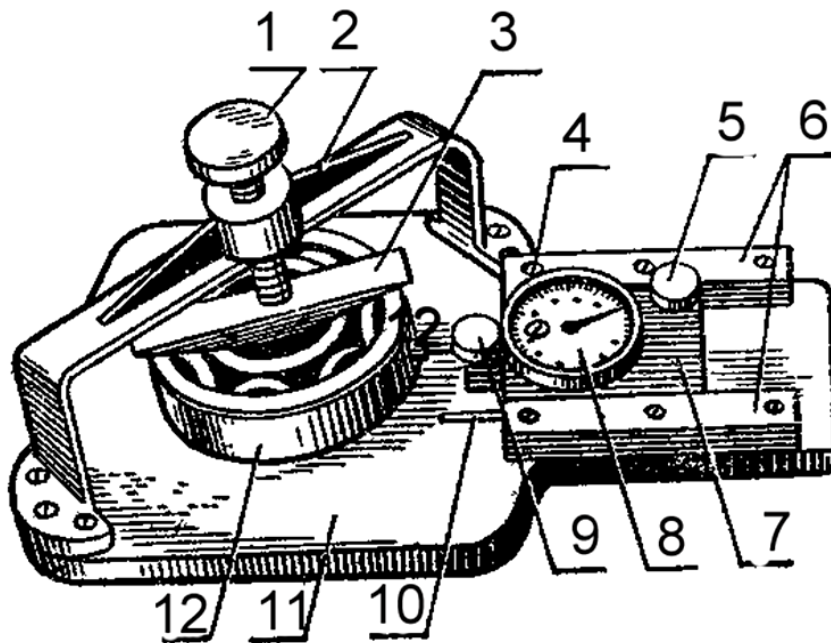


Рис. 2. Індикаторний прилад для перевірки радіальних зазорів у підшипниках кочення: 1, 4 і 9 – гвинти; 2 – міст; 3 – конус; 5 – гвинтовий затискач; 6 – напрямні; 7 – каретка; 8 – індикатор годинникового типу; 10 – паз; 11 – плита; 12 – підшипник

Підшипник закріплюють на плиті 11 гвинтом 1 через конус 3. Зазор вимірюють індикатором годинникового типу 8, який закріплюється разом з кареткою 7 у такому положенні, щоб ніжка індикатора фіксувала повну величину можливого переміщення від руки зовнішнього кільця підшипника 12.

На приладі перевіряють підшипники з розмірами $D_{\text{вн}} = 17 - 110$, $D_{\text{зов}} = 47 - 200$ і $H = 12 - 45$ мм.

Методи виявлення прихованих дефектів деталей

В машинобудуванні і в ремонтній практиці широко застосовуються наступні методи дефектоскопії (неруйнівного контролю): оптичний, акустичний, магнітний, проникаючими рідинами, радіаційний та ін.

Оптичні методи ґрунтуються на аналізі взаємодії оптичного випромінювання з контрольованим об'єктом. Він призначений для виявлення різних поверхневих дефектів деталей, скритих дефектів агрегатів, контролю закритих конструкцій, важкодоступних місць.

Виявлення дефектів здійснюється оптичними пристроями (лінзами, лазерами, мікроскопами, ендоскопами).

За характером взаємодії розрізняють методи пройденого, відбитого, розсіяного та індукованого випромінювання.

Найпростішим методом є органолептичний **візуальний контроль**, який ґрунтується на оцінці технічного стану деталей за допомогою органів чуття. Явні дефекти (тріщини, зломи, пробоїни, викришування) виявляють зовнішнім оглядом неозброєним оком або за допомогою лінзи 5-ти кратного збільшення. Постукуванням (на слух) визначають малопомітні тріщини, ослаблення пресових посадок, заклепочних з'єднань. Випробуванням вручну перевіряють повертання кільця підшипника, придатність різьб закручуванням і відкручуванням болта або гайки, вільність переміщення деталей рухомих з'єднань.

Для виявлення дефектів виробничо-технологічного і експлуатаційного походження застосовують капілярні методи, які ґрунтуються на капілярному проникненні індикаторних рідин в порожнини поверхневих дефектів. Ці методи дозволяють контролювати об'єкти різних розмірів і форм, виготовлених з чорних і кольорових металів і сплавів, пластмас, скла, кераміки, а також інших твердих неферромагнітних матеріалів.

Капілярні методи поділяються власне на капілярний (основний) і комбінований (капілярно-електростатичний, капілярно-магнітний та ін.). В якості проникаючої рідини застосовують розчини і суспензії. За способом отримання первинної інформації розрізняють однотонний (ахроматичний), кольоровий (хроматичний), люмінесцентний і люмінесцентно-кольоровий.

Сутність капілярного методу полягає у наступному (рис. 3). На очищену поверхню деталі наносять проникаючу рідину (пенетрант), яка заповнює порожнину поверхневих дефектів. Потім рідину видаляють і наносять проявник, який адсорбує залишки рідини в порожнинах поверхневих дефектів, утворюючи індикаторний рисунок.

Метод пошуку нещільностей (підтікань) оснований на реєстрації (виявленні) газів і рідин, які проникають в наскрізні дефекти контрольованого об'єкта. Цим методом перевіряють герметичність пустотілих деталей, блоків циліндрів, головок блоків циліндрів, баків, водяних і масляних радіаторів, камер шин, трубопроводів та ін.

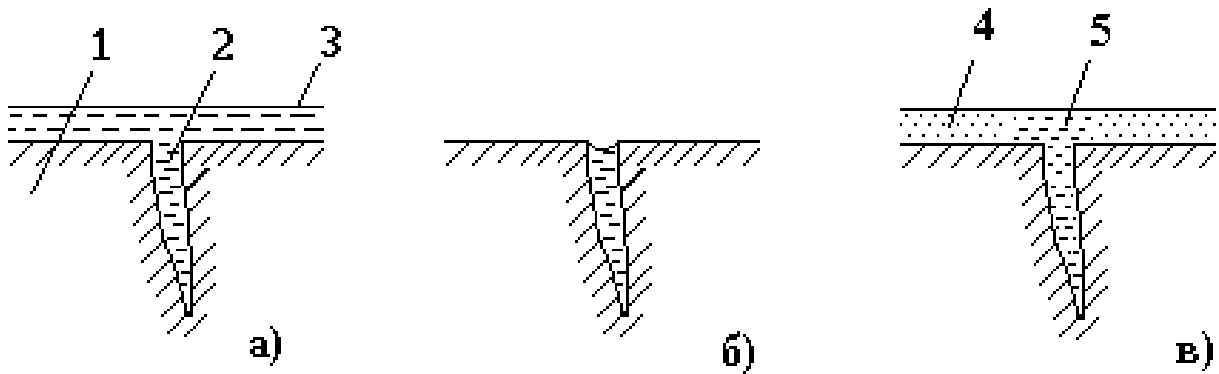


Рис. 3 Схема контролю деталей капілярним методом: а - тріщина заповнена проникаючою рідиною; б - рідина видалена з поверхні деталі; в - нанесений проявник, тріщина виявлена; 1 - деталь, 2 - тріщина; 3 - проникаюча рідина; 4 - проявник; 5 - слід тріщини

Гідравлічний метод. Внутрішню порожнину деталі заповнюють робочою рідиною (водою), герметизують технологічними кришками, фланцями, заглушками, створюють надлишковий тиск і витримують певний час (рис. 4). Наявність дефекту встановлюють візуально за наявністю підтікань або падінню тиску.

Плита 7 (рис. 4) притискається гідравлічним пресом 20 т. до верхньої площини блока. Плита шарнірно з'єднана з штоком 5 преса. Клапан масляного насоса преса відрегульовано таким чином, щоб шток створював зусилля близько 7 т. Також стенд має набір плит и фланців для перекриття отворів в стінках водяної рубашки блоків циліндрів різної конструкції.

Акустичні методи засновані на реєстрації пружних коливань, збуджених в контрольованому об'єкті. Їх застосовують для виявлення поверхневих і внутрішніх дефектів (порушень суцільності, неоднорідності структури, дефектів паяння, зварювання) різних матеріалів.

Акустичні методи поділяються на дві групи: активні, які використовують випромінювання і приймання акустичних коливань і хвиль, і пасивні, основані тільки на прийманні коливань і хвиль. В кожній групі виділяють методи, основані на виникненні в об'єкті контролю біжучих і стоячих хвиль або резонансних коливань, об'єкта в цілому або його частини.

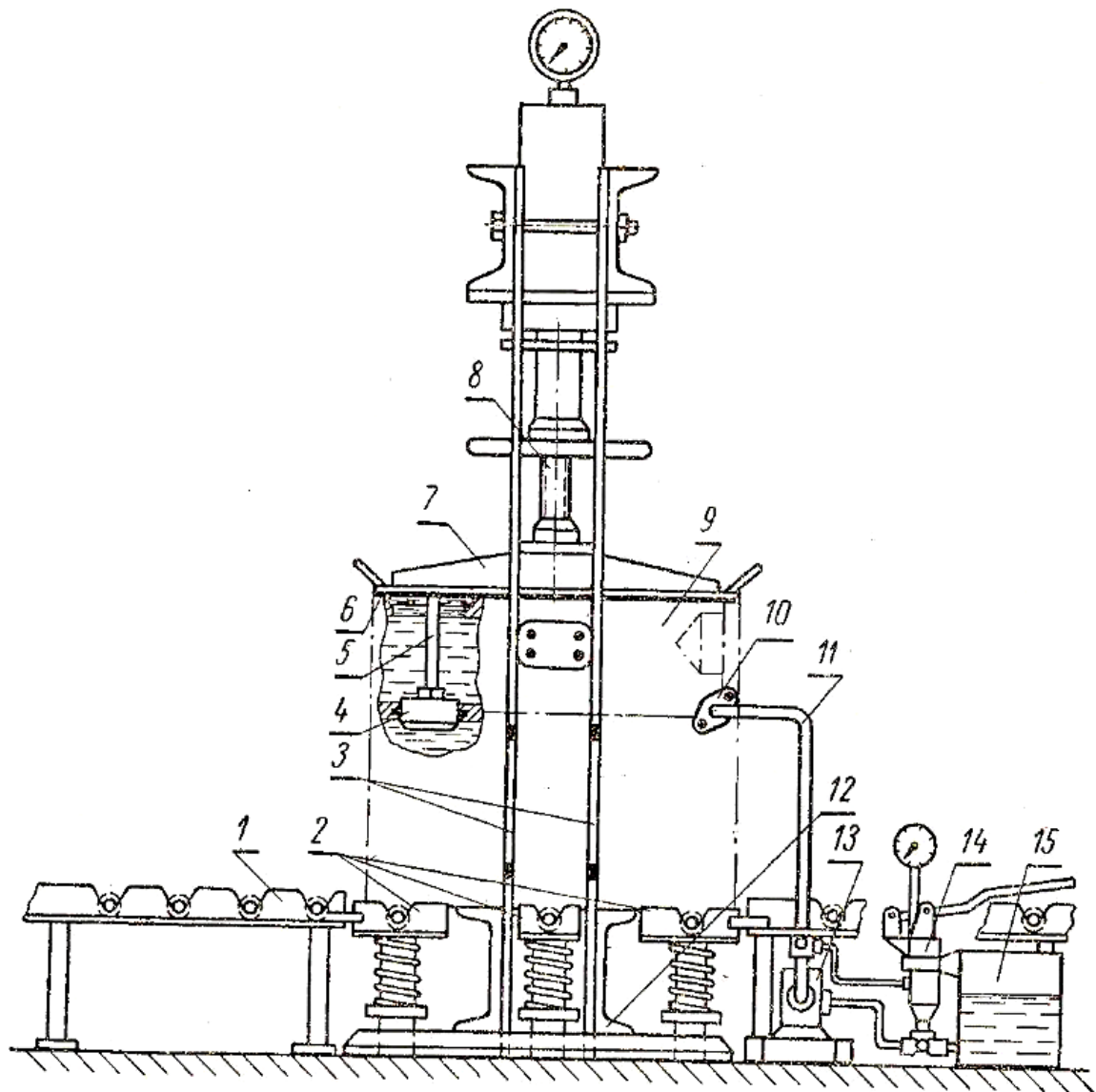


Рис. 4. Стенд для гідравлічного випробування блоків циліндрів двигуна: 1 - секція рольганга; 2 - підпружинені секції рольганга; 3 - пластини стійок преса; 4 - пробка; 5 - штанга; 6 - прокладка; 7 - плита; 8 - шток преса; 9 - блок циліндрів; 10 - заглушка з патрубком; 11 - шланг для підведення и відведення води; 12 - стіл преса (швелер); 13 - відцентровий насос; 14 - ручний насос; 15 - бак з водою

За частотною ознакою всі акустичні методи діляться на низькочастотні і високочастотні. До перших відносять методи, які використовують коливання в звуковому і низькочастотному (до 100 кГц) ультразвуковому діапазоні частот. До других – методи, які використовують коливання у високочастотному (до 50 МГц)

ультразвуковому діапазоні частот. Високочастотні методи зазвичай називають ультразвуковими.

У практиці найчастіше застосовують метод проходження (тіньовий) і метод відображення (ехо-метод).

Тіньовий метод заснований на реєстрації зменшення амплітуди коливань через наявність дефектів (рис. 5, а). Чим крупніший дефект, тим слабше проходить до приймача сигнал. Застосовують імпульсне і безперервне (рідше) випромінювання.

В практиці найчастіше застосовують метод проходження (тіньовий) і метод відображення (ехо-метод).

Тіньовий метод заснований на реєстрації зменшення амплітуди коливань через наявність дефектів (рис. 5, а). Чим крупніший дефект, тим слабше проходить до приймача сигнал. Застосовують імпульсне і безперервне (рідше) випромінювання.

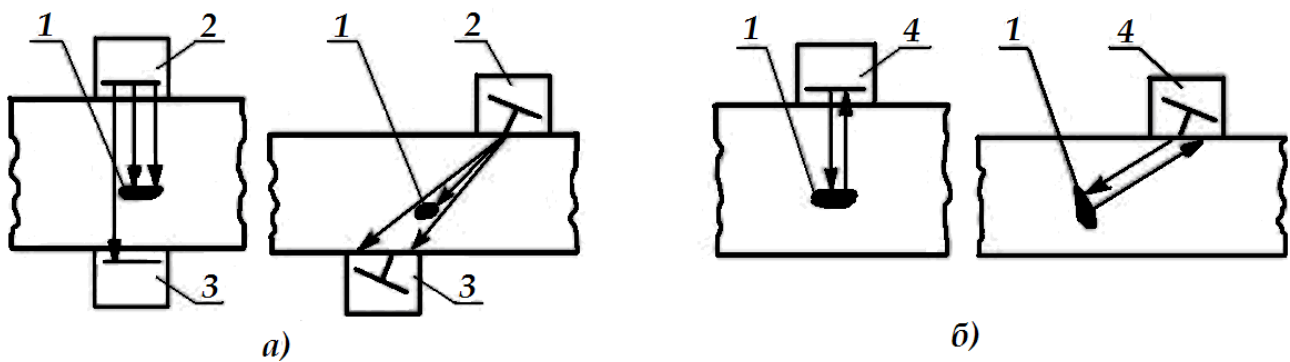


Рис. 5. Схема тіньового (а) та ехо-методу (б) акустичного контролю: 1 - дефект; 2 - випромінювач; 3 - приймач; 4 - підсилювач і приймач (поєднана схема)

Ехометод заснований на реєстрації ехосигналів від дефектів (див. рис 5, б). На екрані індикатора спостерігають відправлений імпульс, імпульс, відбитий від протилежної поверхні (дна) об'єкту та ехосигнал від дефекту.

Ультразвук передають наступними способами: контактним, щілинним, імерсійним і безконтактним.

При контактному способі перетворювач безпосередньо притискають до поверхні виробу (звуковий діапазон) або попередньо змащеною рідиною (ультразвуковий діапазон). В якості мастильних матеріалів застосовується мінеральне масло, гліцерин та інші рідини.

При щілинному (струминному) способі між перетворювачем і спеціальним обмежувачем створюється зазор, в який безперервно подається контактна рідина. Цей спосіб акустичного зв'язку використовують, якщо поверхня виробу розміщена вертикально або має змінну кривизну.

При імерсійному способі між перетворювачем і виробом створюється значний шар рідини шляхом поміщення її в ванну з водою або утворенням місцевої рідинної ванни.

Крім вказаних, існують безконтактні способи збудження за допомогою електромагнітного поля (електромагнітно-акустичний зв'язок) і лазерний.

Магнітні методи засновані на реєстрації магнітних полів розсіювання над дефектами або магнітних властивостей контрольованого об'єкту. В місцях утворення поверхневих і внутрішніх дефектів виникають потоки розсіювання (рис. 6). Їх виявляють різними методами: магніто-порошковим, ферозондовим, індукційним, магніто-графічним та ін.

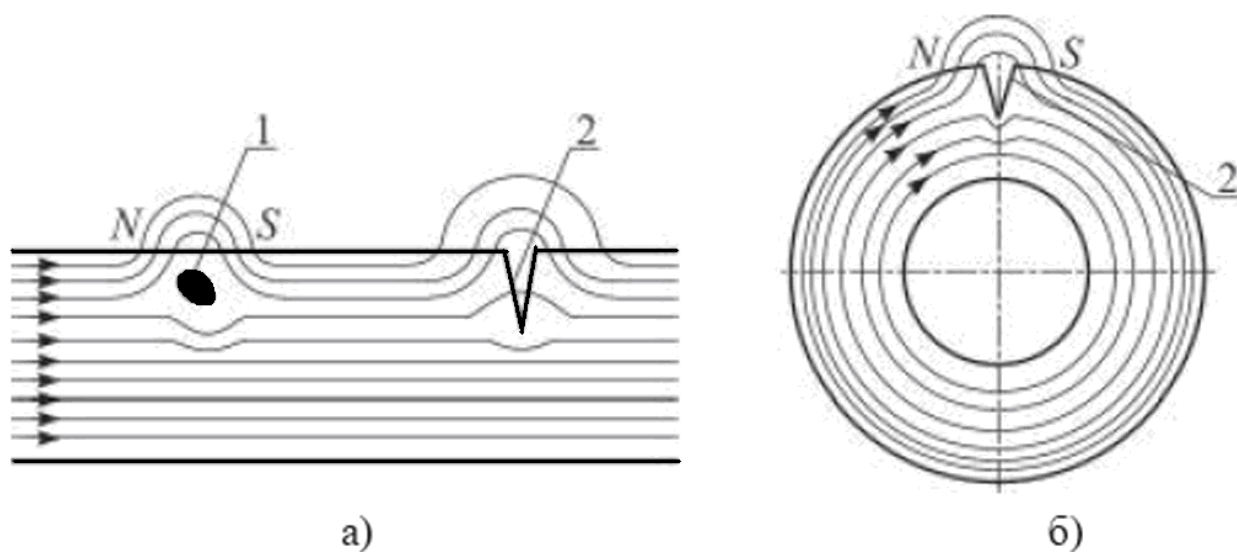


Рис. 6 Схема виникнення магнітних полів розсіювання під час поздовжнього (а) і циркуляційного (б) намагнічування: 1 – неметалеві включення; 2 – тріщина

Для реєстрації і вимірювання магнітних полів та їх неоднорідності, застосовують плоскі котушки поля, ферозонди, індукційні головки, магнітні стрічки і магнітні порошки.

Серед всіх методів дефектування деталей, які поступають в ремонт, найрозповсюдженішим є **магніто-порошковий**. Він заснований на реєстрації магнітних полів розсіювання, які виникають над дефектами в деталі при її намагнічуванні, за допомогою феромагнітних частинок (магнітного порошку), що знаходиться в зваженому стані в дисперсному середовищі або повітрі. На магнітну частинку в неоднорідному магнітному полі дефекту діє сила, яка прагне затягнути її в місця найбільшої концентрації силових ліній і приблизити до місця дефекту (рис. 7).

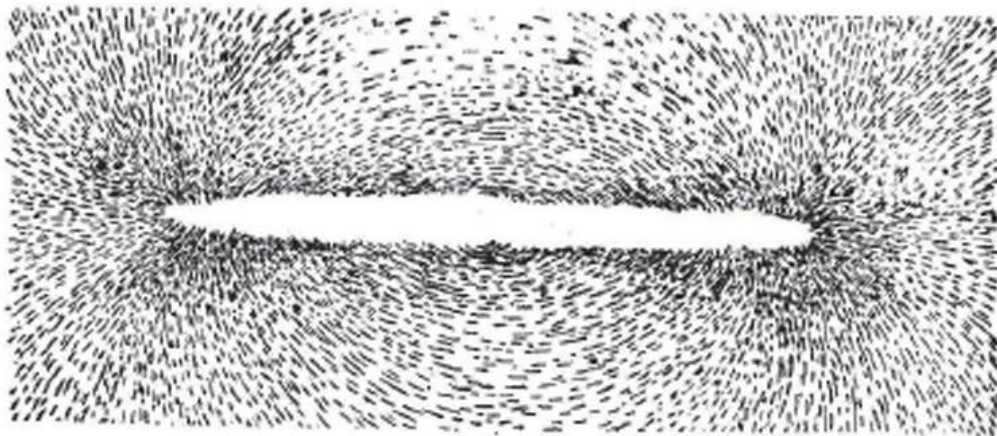


Рис. 7. Розміщення феромагнітного порошку навколо дефекту під дією магнітного поля

Методика магніто-порошкового способу включає такі операції: підготовку поверхні перед контролем; підготовка суспензії; намагнічування деталі; нанесення суспензії на поверхню деталі; огляд поверхні і виявлення місць, покритих відкладеннями порошку; розмагнічування.

Електромагнітний метод (вихрових струмів) контролю заснований на аналізі взаємодії зовнішнього електромагнітного поля з електромагнітним полем вихрових струмів, наведених в об'єкті контролю цим полем. Інтенсивність і розподіл вихрових струмів в об'єкті залежить від його геометричних і електромагнітних параметрів, а також від взаємного розміщення вимірювального перетворювача і об'єкта. В якості перетворювачів застосовують індуктивні котушки. Зазвичай застосовують одну генераторну і одну або декілька вимірювальних (приймальних) котушок.

Радіаційні методи основані на взаємодії проникаючих випромінювань з контрольованим об'єктом. Проникаюче

випромінювання неоднаково проникає крізь різні матеріали і поглинається в них в залежності від товщини, роду (густини) матеріалів і енергії випромінювання. Для виявлення внутрішніх дефектів в деталях з однієї сторони встановлюють джерело випромінювання, з іншої – детектор, який реєструє інформацію про внутрішню будову об'єкту (рис. 8). Інтенсивність випромінювання при проходженні крізь дефект, заповнений повітрям або газом, ослабляється менше, ніж в суцільному металі, а сильніше – над дефектом, заповненим більш щільним матеріалом, ніж основний (виходить на детектор з різною інтенсивністю).

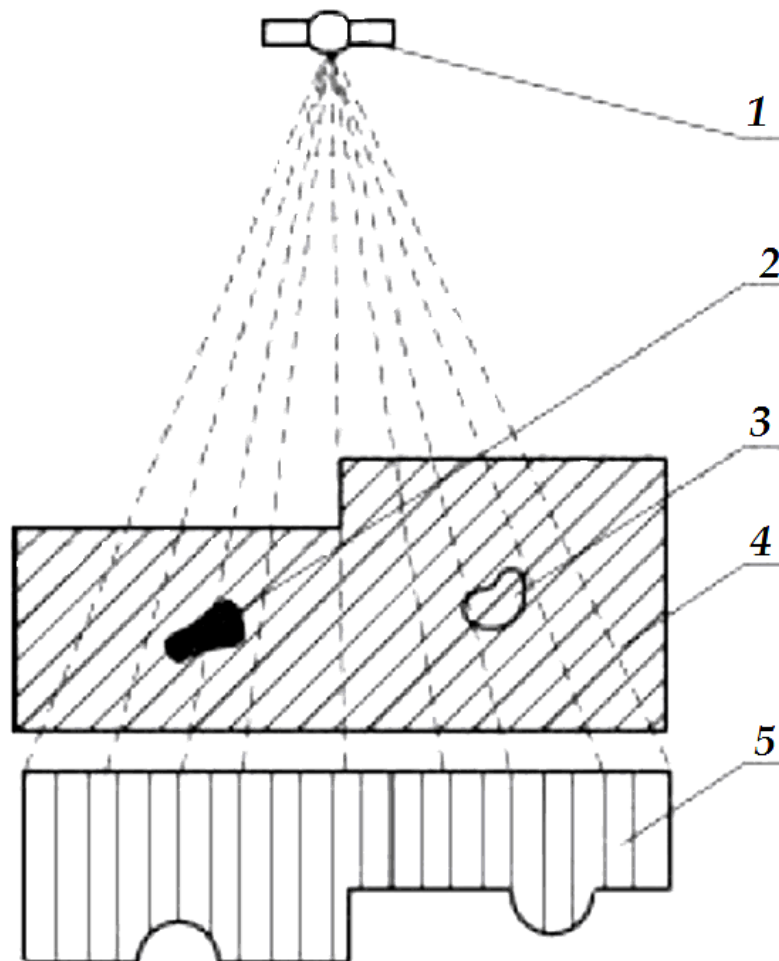


Рис. 8. Схема просвічування деталі рентгенівським або γ -випромінюванням: 1 - джерело випромінювання; 2 - шлакове включення; 3 - раковина; 4 - деталь; 5 - екран інтенсивності випромінювання за об'єктом

Залежно від застосованого детектора розрізняють три основних методи радіаційного контролю: радіографічний (зображення об'єкту реєструється на радіографічну плівку), радіоскопічний (зображення перетворюють в світлотіньове, яке передається на флуоресціюючий екран або електронно-оптичний перетворювач), радіометричний (вихідний сигнал детектора після перетворення реєструється на діаграмній стрічці)

Методи радіохвильові (реєстрація зміни параметрів електромагнітних коливань), теплові (реєстрація теплових полів) і електричні (реєстрація електростатичних полів і електричних параметрів) знайшли обмежене застосування в ремонтному виробництві.

Вибір методів дефектоскопії

В машинобудуванні використовують різні матеріали, які відрізняються хімічним складом, ступенем деформації, макроструктурою, термічною обробкою, густиною та іншими фізичними властивостями. Так, наприклад, поверхневі дефекти в феромагнітних сталях можуть бути виявлені намагнічуванням деталі магнітними методами. Однак цей метод є непридатним, якщо виріб виготовлено з пластмаси. В цьому випадку поверхневі дефекти можна виявити капілярними методами.

На вибір методів впливає і конструкція (форма і розміри) виробів. Габаритні вироби контролюють, як правило, по частинам з попереднім визначення небезпечних зон контролю. Дрібні деталі (болти, шпильки, ролики) доцільно контролювати методами, які легко піддаються автоматизації або механізації, наприклад, електромагнітними, ферозондовими.

Стан поверхні виробу характеризується заданою шорсткістю і наявністю захисних покриттів. Так, наприклад, ультразвуковий і капілярний метод застосовують при шорсткості поверхні за 5-м класом і більше, магнітний і електромагнітний – не менше 3-го класу. Захисні покриття не дозволяють застосування оптичних і капілярних методів. Електромагнітні методи виявляють тріщини на деталях, які мають лакофарбові та інші неметалеві покриття товщиною до 0,5 мм. Магнітно-порошковим методом виявляють тріщини на сталевих деталях, які мають хромове покриття товщиною до 0,2 мм.

**Основні методи вибору неруйнівного контролю
в умовах виробництва, експлуатації і ремонту залежно
від факторів**

Вид контролю	Методи	Форма деталі		Матеріал деталі			Місце розміщення дефекту		
		проста	складна	метал магнітний	метал немагнітний	неметали	на поверхні	в глибині металу	під шаром покриття
Акустичний	Тіньовий	+	-	+	+	+	+	+	-
	Ехо-метод	+	+	+	+	+	+	+	+
Магнітний	Магніто-порошковий	+	+	+	-	-	+	-	+
	Магніто-графічний	+	-	+	-	-	+	-	-
	Ферозондовий	+	-	+	-	-	+	+	-
Оптичний	Оптичний	+	+	+	+	+	+	-	-
Проникаючими рідинами	Кольоровий	+	+	+	+	+	+	-	-
	Люмінесцентний	+	+	+	+	+	+	-	-
	Пошуку підтікань	+	+	+	+	+	Наскрізний дефект		
Електро-магнітний	Вихрових струмів	+	+	+	+	-	+	-	+
Радіаційний	Рентгенографічний	+	+	+	+	+	+	+	+

Дефекти деталей можуть мати різне походження і відрізнятися за видом, розмірами, місцем розміщення і т.д. Для виявлення внутрішніх дефектів у сталевих деталях застосовують радіаційний (товщина металу до 150 мм) і ультразвуковий (товщина металу більше 150 мм) метод. Поверхневі дефекти виявити легше. Однак і в даному випадку необхідно вибирати і застосовувати методи в залежності від місця розміщення тріщини (гладка поверхня, перехід з галтеллю, різьба і т.д.).

При виготовленні вироби контролюють з метою виявлення дефектів металургійного або виробничо-технологічного походження. На ремонтних підприємствах контролюють дефекти, які пов'язані з

тривалістю і умовами роботи деталей і агрегатів: механічних пошкоджень, деформацій, спрацювань, втомлювальних тріщин, корозії і т.д. В умовах експлуатації метою контролю є виявлення дефектів (як правило без демонтажу), що виникають на деталях в процесі роботи, в основному втомлювальних тріщин і корозії.

Застосування комплектного контролю виробів в умовах виробництва, експлуатації і ремонту дозволить підвищити якість і надійність і довговічність транспортних машин.

Порядок виконання роботи

1. Підготувати деталь до обстеження.
2. Оглянути деталь та виявити зовнішні дефекти.
3. Вивчити методи дефектоскопії.
4. Виявити можливі приховані дефекти деталей машин та описати їх.
5. Зробити висновки щодо можливості ремонту або відновлення деталі.
6. Оформити звіт.

Контрольні запитання

1. Для чого використовують діагностування деталей?
2. Які існують способи визначення стану деталей?
3. Яке обладнання використовують для діагностування?
4. Як визначити наявність тріщин та інших дефектів деталей?
5. На які групи поділяються деталі після діагностування?
6. Які деталі не піддаються ремонту або відновленню?
7. Як класифікуються дефекти деталей машин і обладнання?
8. На які групи поділяють деталі під час їх дефектування?
9. Яку інформацію відображає коефіцієнт повторюваності дефектів?
10. Якими методами контролюють геометричні параметри деталей?
11. Наведіть приклади диференціального і комплексного методу контролю геометричних параметрів деталей.
12. Перерахуйте основні методи виявлення окритих дефектів в деталях.
13. Як поділяються акустичні методи виявлення окритих дефектів?
14. Сутність капілярного методу контролю дефектів.

Практична робота №3
ВИВЧЕННЯ ДЕФЕКТІВ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛА
ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ,
ВПЛИВ НА НАДІЙНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ
ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Мета роботи: Визначити технічні умови які впливають на виникнення дефектів колінчастих валів. Ознайомитися з вимірвальними приладами і методами технічного контролю корінних та шатунних шийок колінчастого валу ДВЗ. Дослідити характер спрацьовування шийок колінчастого валу, його деформації і визначити спосіб відновлення.

Завдання роботи

1. Визначити умови роботи деталей і складальних одиниць.
2. Визначити вид дефектів, зношування деталей і складальних одиниць.
3. Виявити основні причини зношування.
4. Запропонувати рекомендації щодо зменшення основних параметрів зношування.

Додаткові засоби: деталі, складальні одиниці або їх фрагменти, колишні в експлуатації; штангенінструмент або мікрометричний інструмент з ноніусним відліком, збільшувальне скло.

Короткі теоретичні відомості

Деталі автомобіля після миття і очищення від забруднень відповідно до технологічного процесу піддають дефектації, тобто контролю з метою виявлення дефектів. Під дефектами деталі розуміють різні відхилення її параметрів від величин, встановлених технічними умовами або робочим кресленням.

Дефектацію деталей проводять шляхом їх зовнішнього огляду, а також за допомогою спеціального інструменту, пристосувань, приладів і устаткування.

У процесі експлуатації автомобілів в їх деталях виникають наступні дефекти:

- *Зміна розмірів робочих поверхонь деталей* відбувається в результаті їх спрацьовування. При нерівномірному спрацьовуванні виникають різні похибки в геометричній формі робочих поверхонь деталі у вигляді овальності, конусності і тому подібне.

- *Порушення точності взаємного розташування робочих поверхонь* є одним з більш поширених дефектів автомобільних деталей. Цей дефект зазвичай виявляється у вигляді порушення відстані між осями циліндрових поверхонь, непаралельності або неперпендикулярності осей і площин, неспіввісності циліндричних поверхонь і т. п.

Причинами появи цих дефектів є: нерівномірне спрацьовування робочих поверхонь; внутрішні напруження, що виникають в деталях при їх виготовленні; залишкові деформації від надмірних експлуатаційних навантажень на деталі і ін.

Так, наприклад, в колінчастому валу двигуна в результаті деформацій від діючих навантажень і нерівномірного спрацьовування шийок можуть мати місце такі дефекти, як неспіввісність (взаємне биття) корінних шийок, непаралельність корінних і шатунних шийок, неперпендикулярність фланця кріплення маховика до осі колінчастого валу, зміна радіусу кривошипа.

Механічні пошкодження в деталях виникають при дії на них в процесі експлуатації навантажень, що перевищують допустимі, а також унаслідок втоми матеріалу. До механічних пошкоджень належать: тріщини, пробоїни, злами і деформації (вигин, скручування, викривлення).

Тріщини в більшості випадків виникають унаслідок втоми матеріалу деталей, що працюють в умовах циклічних знакозмінних навантажень. Найчастіше вони з'являються в деталях рам, кузовах, колінчастих валах, поворотних цапфах, ресорах і багатьох інших деталях. Найчастіше тріщини втоми розвиваються в області концентрації напружень (в отворах, в галтелях і т. п.). Розміри тріщин по ширині коливаються у великих межах: від видимих

неозброєним оком до мікроскопічних, які виявляють за допомогою спеціальних приладів.

Поломки деталей можуть виникати унаслідок втоми металу, але причиною їх можуть бути також великі ударні навантаження.

Деформації виникають в деталях в результаті динамічних навантажень і спостерігаються в таких деталях, як колінчасті вали, шатуни, карданні вали, балки передніх мостів, деталі рам і кузовів і ін.

Корозійні пошкодження утворюються на деталях в результаті хімічної або електрохімічної взаємодії металу з корозійним середовищем і з'являються у вигляді суцільних окисних плівок або у вигляді місцевих пошкоджень (плям, раковин і ін.). Дії корозії піддаються багато деталей автомобілів.

Зміна фізико-механічних властивостей матеріалу деталей в процесі експлуатації автомобілів виражається найчастіше в зниженні твердості і пружних властивостей. Зміна властивостей деталей може статися в результаті їх нагріву в процесі роботи до температури, що впливає на термообробку, а також унаслідок спрацьовування поверхневого шару, зміцненого методами хіміко-термічної обробки.

Пружні властивості деталей знижуються унаслідок втоми матеріалу, з якого вони виготовлені. Цей дефект часто виникає в таких деталях, як пружини клапанів і ресори.

Під час дефектації і сортуванні деталей керуються технічними умовами, які містяться в документації з капітального ремонту автомобілів. Технічні умови на дефектацію деталей складаються у вигляді карт дефектації (табл. 1).

Кarti дефектації містять наступні відомості: загальні відомості про деталь, перелік можливих її дефектів, способи виявлення дефектів, допустимі без ремонту розміри деталі і способи усунення дефектів, що рекомендуються. Загальні відомості про деталь включають її ескіз з вказанням місць розташування дефектів, основні розміри деталі, матеріал і твердість основних поверхонь. Всі відомості про деталь можуть бути отримані з робочого креслення.

Можливі дефекти деталі зазвичай встановлюють на основі досвіду експлуатації і ремонту автомобілів аналогічних моделей. Способи виявлення дефектів призначають з врахуванням досвіду роботи автомобілебудівних і авторемонтних підприємств.

Найбільшу складність при розробці технічних умов на дефектацію деталей представляє визначення величини допустимого розміру деталі.

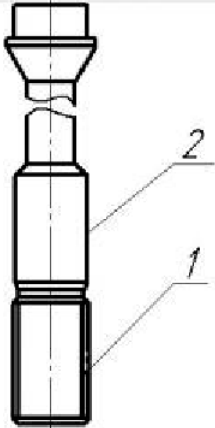
Допустимий розмір деталі можна легко визначити, якщо відома величина допустимого її спрацьовування. Так, наприклад, допустимий діаметр валу при ремонті автомобіля:

$$d_{\text{доп}} = d_H - \delta_{\text{доп}} \quad (1)$$

де d_H – діаметр нового валу, мм; $\delta_{\text{доп}}$ величина допустимого спрацювання валу, мм.

Таблиця 1

Карта дефектації

		Деталь				
		Шліцьовий кінець валу				
		Номер деталі				
		4543162336				
		Матеріал			Твердість	
		Сталь 30Х			207...241 НВ.	
№ з/п	Можливі дефекти	Спосіб	Розмір, мм.			Висновок
		встановлення дефекту і вимірювальний інструмент	По робочому кресленню	Допустимий без ремонту	Допустимий для ремонту	
1	Тріщини, сколи, обломи	Огляд	–	–	–	Бракувати
2	Спрацювання поверхні валу під ущільнення	Мікрометр МК 175-2 ГОСТ 6507-90 25...50 мм	37 ^{-0,089}	36,85	36,2	Ремонт – наплавлення

Методи контролю під час дефектації деталей

В цілях заощадження часу при дефектації деталей дотримуються наступного порядку. Спочатку проводять зовнішній огляд деталей з метою виявлення пошкоджень, видимих

неозброєним оком: крупних тріщин, пробоїн, зламів, задирів, рисок, корозії і тому подібне. Потім деталі перевіряють на спеціальних пристосуваннях для виявлення дефектів, пов'язаних з порушенням взаємного розташування робочих поверхонь і фізико-механічних властивостей матеріалу деталей. Після цього деталі контролюють на відсутність прихованих дефектів (невидимих тріщин і внутрішніх пошкоджень). На закінчення проводять контроль розмірів і геометричної форми робочих поверхонь деталей.

Контроль взаємного розташування робочих поверхонь. Методи контролю похибки взаємного розташування робочих поверхонь розглянемо на прикладі деталей класу валів і корпусних деталей. У деталях класу валів найчастіше контролюють неспіввісність шийок і неперпендикулярність фланців до осі валів.

Контроль неспіввісності шийок валів проводять шляхом вимірювання їх радіального биття за допомогою індикатора (рис. 1, а). Контрольований вал при цьому встановлюють в центрах.

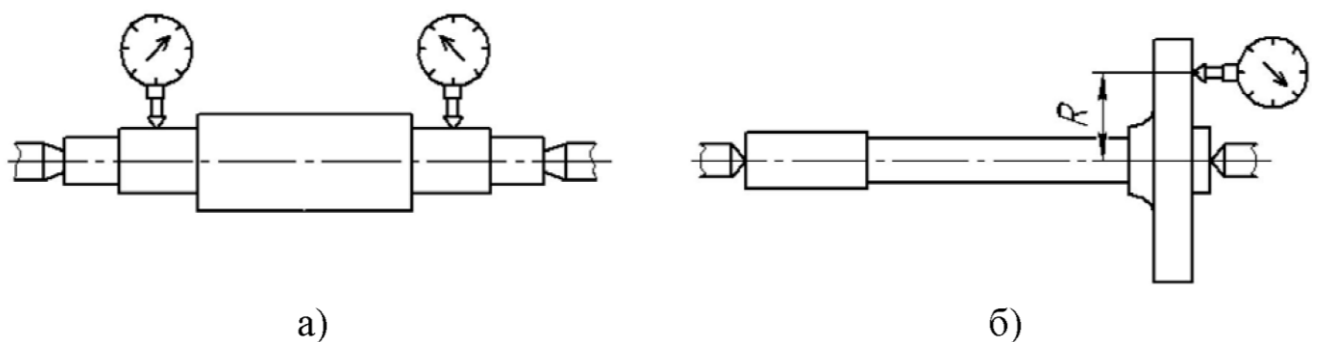


Рис. 1. Контроль взаємного биття шийок (а) та биття фланця (б) на валу

Величина радіального биття шийок визначається як різниця найбільшого і найменшого свідчень індикатора за один оберт валу.

Контроль неперпендикулярності фланця до осі валу проводять також при встановленні валу в центрах (рис. 3, б). За допомогою індикатора заміряють торцеве биття фланця на певному радіусі R . У корпусних деталях контролюють наступні похибки взаємного розташування поверхонь: неспіввісність отворів, непаралельність осей отворів відносно площини, непаралельність осей отворів і

порушення міжцентрової відстані, неперпендикулярність осей отворів, неперпендикулярність осі отвору до площини.

Контроль порушення фізико-механічних властивостей матеріалу деталей. Порушення фізико-механічних властивостей матеріалу деталей, як наголошувалося вище, може виявлятися у вигляді зміни твердості і жорсткості деталі. Зміна жорсткості може мати місце в ресорах і пружинах. Порушення твердості контролюють за допомогою універсальних приладів для виміру твердості.

Контроль прихованих дефектів. При контролі деталей дуже важливо перевіряти їх на наявність прихованих дефектів (поверхневих і внутрішніх тріщин). Цей контроль особливо необхідний для деталей, від яких залежить безпека руху автомобіля. Існує велика кількість різних методів виявлення прихованих дефектів на деталях. Широкого застосування знайшли наступні методи: опресовування, фарбування, люмінесцентний, намагнічування, ультразвуковий.

Колінчасті вали автомобільних двигунів виготовляють з вуглецевих і легованих сталей або з високоміцного магнієвого чавуну. Корінні і шатунні шийки піддаються загартуванню СВЧ на глибину 1,5-3 мм, твердість шийок HRC 50-62 (табл. 2).

В процесі роботи на колінчастий вал впливають сили тертя, вібрації, знакозмінні навантаження, середовище і ін. Це викликає (див. рис. 2) спрацьовування шатунних і корінних шийок (Δ_{zn} до 0,1 мм).

Таблиця 2

Твердість колінчастих валів та шийок

Модель двигуна	Матеріал колінчастого валу	Термо-обробка	Твердість шийок НВ	Твердість заготовки НВ
ЗІЛ-ІЗО	Сталь 45 селект.	Гартування СВЧ	56-62	170-207
ЗМЗ-53	Магнієвий чавун	Теж	40-55	207-255
ЯМЗ-236	Сталь 50Г	Теж	52-62	229-270
ВАЗ-2108	Високоміцний чавун	Теж	50-55	235-265
КАМАЗ-740	Сталь 42 ХМФА4Н	Теж	56-62	167-212

Шийки зношуються нерівномірно: по довжині набувають форми конуса, по діаметру – овалу ($\Delta_{\text{нецил}}$ до 0,08 мм); порушення якості поверхні шийок (задирки, риски, корозія); механічні пошкодження (тріщини, дефекти різьб); прогин колінчастого валу ($\Delta_{\text{биття}}$ до 0,150 мм); спрацьовування отворів у фланці під підшипник провідного валу коробки передач. Прогин колінчастого валу приводить до порушення перпендикулярності осі валу до осі циліндра, унаслідок чого умови змащування зв'язаних поверхонь погіршуються, мастильна плівка на поверхнях тертя руйнується, з'являється граничне або сухе тертя.

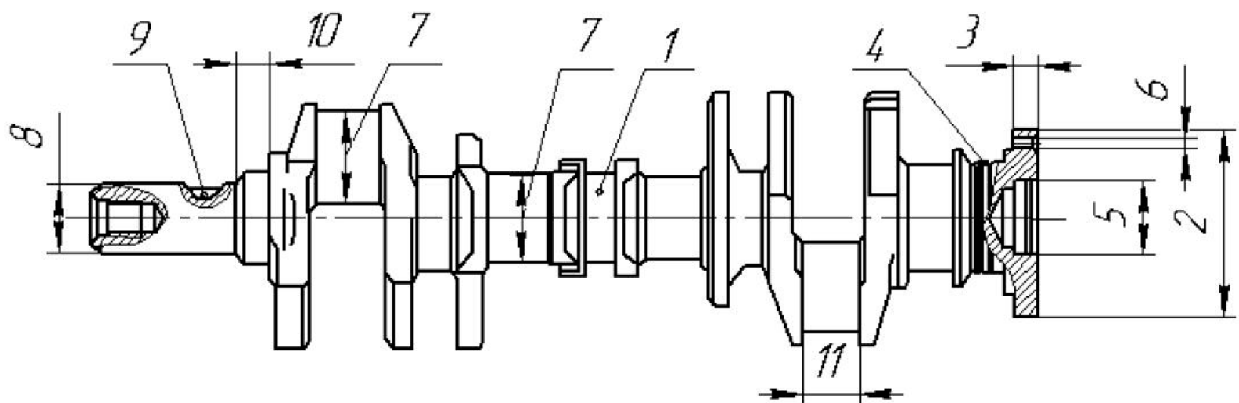


Рис. 2. Основні дефекти колінчастого валу на прикладі двигуна ЗІЛ-130: 1 – вигин валу; 2 – спрацьовування зовнішньої поверхні фланця; 3 – биття торцевої поверхні фланця; 4 – спрацьовування мастилозгінних канавок; 5 – спрацьовування отвору під підшипник; 6 – спрацьовування отворів під болти кріплення маховика; 7 – спрацьовування корінних і шатунних шийок; 8 – спрацьовування шийки під шестерню і маточину шківів; 9 – спрацьовування канавки шпонки по ширині; 10 – збільшення довжини передньої корінної шийки; 11 – збільшення довжини шатунних шийок

Виникаючі дефекти усувають обробкою шийок під ремонтний розмір (РР) шліфуванням з подальшим поліруванням, різними видами наплавлення або плазмовим напиленням. Прогин валу усувають пластичною деформацією (правкою).

Відремонтовані колінчасті вали повинні відповідати технічним умовам:

- овальність і конусність корінних і шатунних шийок не повинні перевищувати по довжині шийки 0,02 мм (ЗІЛ-130) і 0,01 мм (КАМАЗ-740, ВАЗ);
- биття валу по середній шийці має бути не більше 0,05 мм (ЗІЛ-130) і 0,03 мм (КАМАЗ-740, ВАЗ);
- шорсткість поверхонь шийок повинна бути $Ra = 32$ мкм (ЗІЛ-130), або $Ra = 0,16$ мкм (КАМАЗ-740);
- однойменні шийки мають бути прошліфовані під один ремонтний розмір;
- радіус кривошипа має бути в межах $47,5 \pm 0,08$ мм (ЗІЛ-130) і $60,0 \pm 0,05$ мм (КАМАЗ-740).

Порядок виконання роботи

1. Оглянути видимі дефекти колінчастого валу. Перелік можливих дефектів вказаний на рис. 2.

2. Заміряти шатунні і корінні шийки колінчастого валу згідно схеми вимірів (див. рис. 3).

Вимір кожної шийки провести в поясах *I – I*; *II – II* і двох взаємно перпендикулярних площинах *A – A* і *B – B* (*A – A* для всіх корінних шийок приймається в площини кривошипа першої шатунної шийки). Пояси знаходяться з кінців шийки на відстані, рівній $1/4$ від її загальної довжини, перший пояс ближче до початку валу.

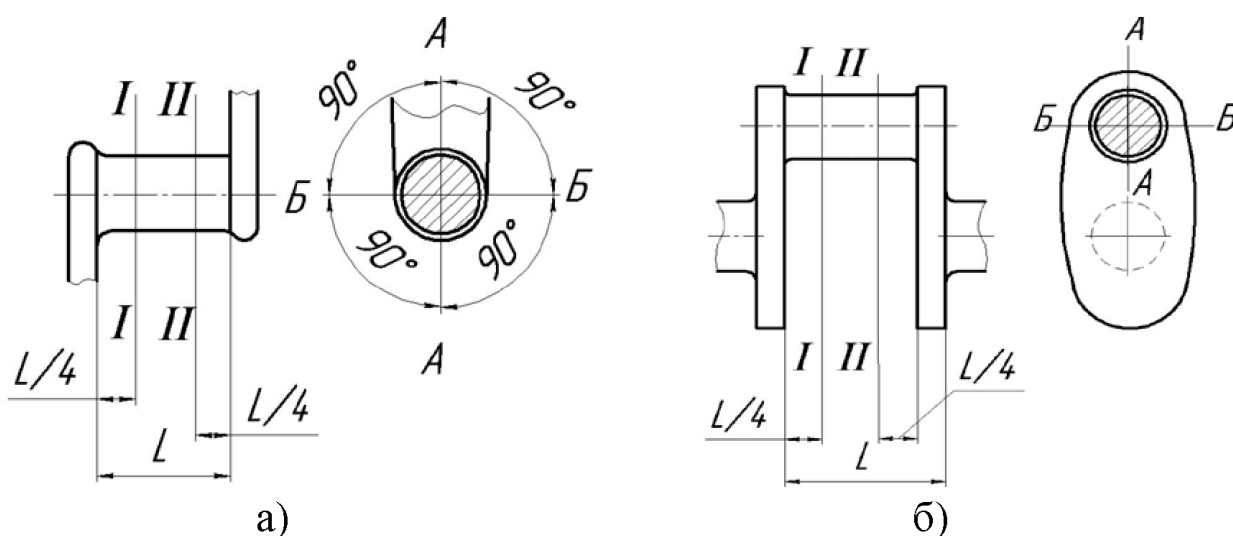


Рис. 3. Схема виміру шийок колінчастого валу:
а – корінних; б – шатунних.

3. Розрахувати нециліндричність (овальність і конусність), мм:

$$\Delta_{\text{ов}} = d_{\text{AA}} - d_{\text{BB}} ; \Delta_{\text{кон}} = d_{\text{AAmax}} - d_{\text{BBmin}} \quad (2)$$

4. Для кожної шийки виміряти два значення овальності і два конусоподібності, найбільше значення занести в табл. 2.3 звіту.

5. Встановити вал в центрах або на призмі, і за допомогою штангенрейсмуса виміряти радіус кривошипа (рис. 4).

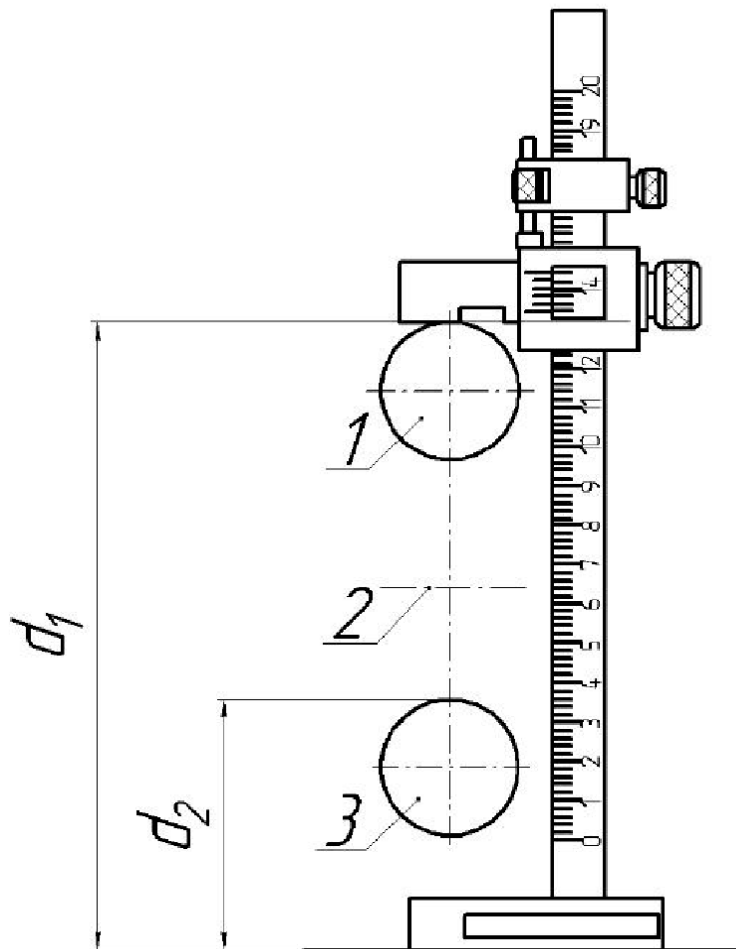


Рис. 4. Схема визначення радіусу кривошипа колінчастого валу

6. Встановити шатунну шийку у верхнє положення 1 і заміряти відстань d_1 і до опорного майданчика, обернути колінчастий вал 3 на 180° і заміряти відстань d_2 , 2 – вісь корінних шийок. Обчислити радіус кривошипа.

$$R_{кр} = \frac{d_1 - d_2}{2} \quad (3)$$

7. Радіальне биття колінчастого валу визначають по середній шийці. Для цього стержень індикатора впирають в середню корінну шийку. Забезпечивши натяг 2 – 3 мм, повертають колінчастий вал, поки стрілка не займе одне з крайніх положень, потім повертають вал на 180° і визначають нове положення стрілки. Різниця між двома показаннями визначить биття валу. Величина прогину валу дорівнює половині величини його биття.

8. За вказівкою викладача провести виміри однієї корінної і однієї шатунної шийок (через 5 мм), і на підставі отриманих даних побудувати графік спрацьовування шийок по довжині.

9. Скласти звіт з виконаної роботи.

Звіт повинен містити наступні відомості:

- дефекти, встановлені зовнішнім оглядом колінчастого валу, результати виміру биття середніх корінних шийок, шийки під шестерню колінчастого валу і торцевого биття фланця маховика (табл. 3).

Таблиця 3

Дефекти колінчастого валу, встановлені зовнішнім оглядом

Биття корінних шийок					Биття шийки під шестерню	Торцеве биття фланця

- розміри радіусів кривошипів;
- результати вимірів шийок колінчастого валу, визначення овальності, конусності і спрацьовування в табл. 4. Привести схему вимірів.

Результати вимірів шийок колінчастого валу

Об'єкт вимірювання	Пояс вимірювання	Площина вимірювання	Номери шийок				
			I	II	III	IV	V
Корінні шийки	I	A-A Б-Б Овальність, мм					
	II	A-A Б-Б Овальність, мм					
	Конусність, мм	A-A					
	Спрацьовування, мм	Б-Б					
Шатунні шийки	I	A-A Б-Б Овальність, мм					
	II	A-A Б-Б Овальність, мм					
	Конусність, мм	A-A					
	Спрацьовування, мм	Б-Б					

Контрольні питання

1. Які дефекти має колінчастий вал, причини їх виникнення?
2. Що є причинами овальності, конусності шийок і прогину колінчастого валу?
3. Від чого залежить величина припуску під час обробки колінчастого валу під ремонтний розмір?
4. Як впливає зміна радіусу кривошипа на роботу двигуна?
5. Які способи ремонту застосовують для відновлення колінчастого валу?

Практична робота № 4

ВИВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ (РЕМОНТ ТА ВІДНОВЛЕННЯ) І ДОВГОВІЧНОСТІ КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Мета: освоїти основи побудови технологічних процесів ремонту деталей машин та вивчити типове обладнання.

Завдання роботи

1. Визначити умови роботи деталей і складальних одиниць.
2. Визначити види зношування деталей і складальних одиниць.
3. Вивчити основні технологічні процеси підвищення надійності і довговічності деталей і складальних одиниць.
4. Запропонувати рекомендації щодо зменшення основних параметрів зношування.

Додаткові засоби: деталі, складальні одиниці або їх фрагменти, колишні в експлуатації; штангенінструмент або мікрометричний інструмент з ноніусним відліком.

Короткі теоретичні відомості

Необхідність ремонту у двигунах та компресорах колінчастого вала і заміни його підшипників визначають попередньо за втратою тиску мастила у змащувальній системі, а остаточно після розбирання двигуна за величиною овальності шийок та перевищенням припустимих зазорів у підшипниках ковзання (вкладишах).

Перед ремонтом колінчастий вал промивають у мийній машині ОМ-3600 з пристроями. Особливо ретельно необхідно промивати масляні канали і порожнини для відцентрового очищення масла.

Контроль починають з перевірки вала на магнітному дефектоскопі, чи магнітним олівцем для виявлення тріщин на шийках. Потім визначають прогин вала, причому щоб уникнути помилок і неточностей прогин варто перевіряти за торцевим биттям фланця кріплення маховика, що допускається не більше 0,05 мм.

При більшому битті вали піддають спеціальному виправленню місцевим наклепуванням шік (рис. 1).

Основною операцією ремонту колінчастих валів є шліфування корінних і шатунних шийок на ремонтні розміри. Для корінних і шатунних шийок колінчастих валів тракторних і автомобільних двигунів встановлена різна кількість ремонтних розмірів у залежності від марки двигуна (чотири і більше) з інтервалом через 0,25 мм.

Шліфують шийки колінчастого вала на шліфувальних верстатах типу 3423 (рис. 2) чи 3420 з необхідним набором пристроїв, що дозволяють як установлювати, так і перевіряти установлення вала перед шліфуванням.

Абразивний круг перед шліфуванням балансують, правлять алмазним олівцем чи алмазозамінником і закруглюють краї.

При шліфуванні повинен застосовуватися люнет, що закріплюється на станині верстата. Кулачки люнета доводять до упора в шийку, що шліфується. Вони сприймають зусилля, створювані при врізанні в шийку абразивного круга, і перешкоджають прогину вала.

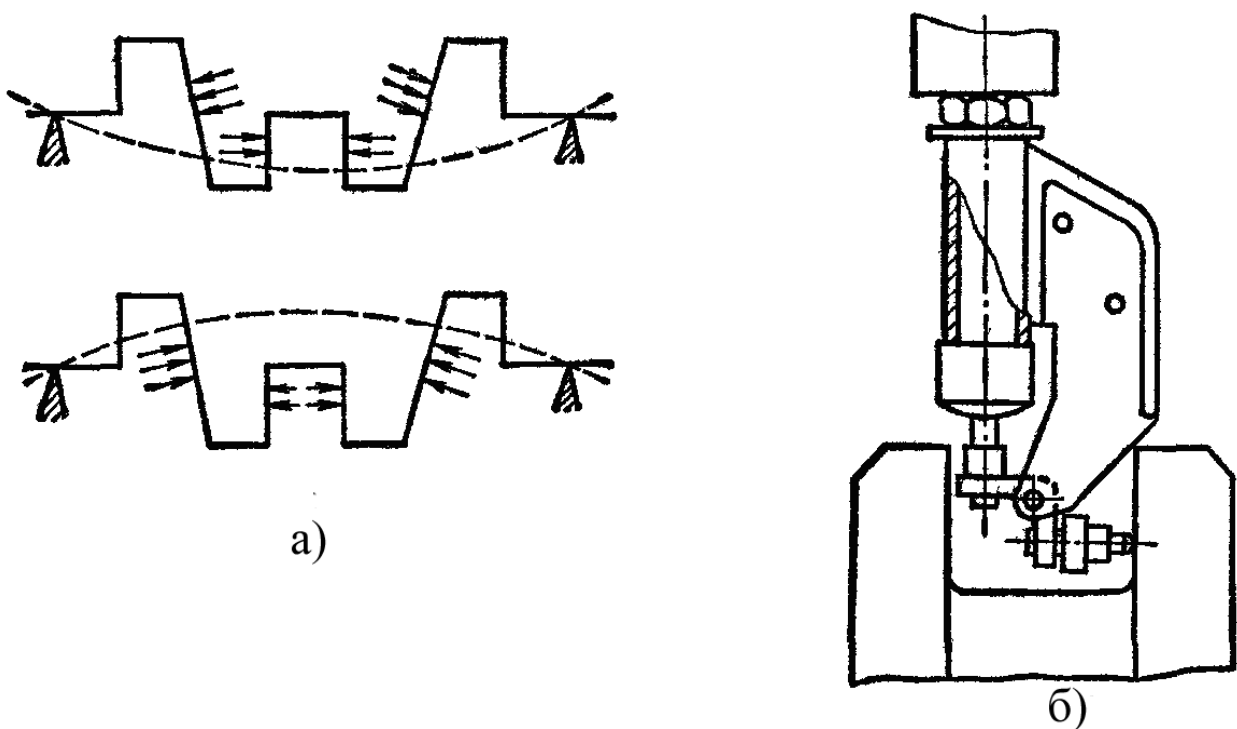


Рис. 1. Схема наклепування (а); і пристрій (б) для виправлення колінчастого вала

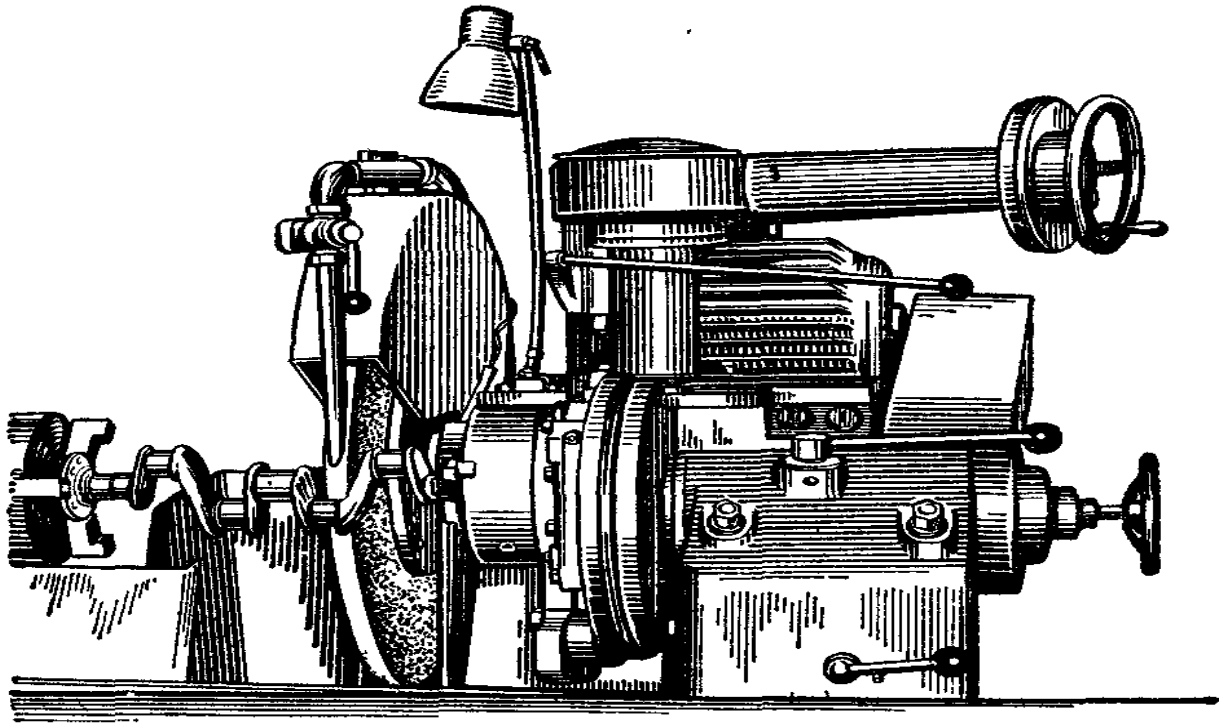


Рис. 2. Шліфування шатунної шийки колінчастого вала на верстаті 3423

Режими шліфування такі: окружна швидкість круга 25–30 м/с; частота обертання вала при попередньому шліфуванні 28–32 об/хв./ і подача по глибині 0,010–0,015 мм/об; при остаточному чистовому шліфуванні частота обертання вала 8–15 об/хв., подача по глибині 0,003–0,005 мм/об. Спочатку шліфують шатунні шийки при установленні колінчастого вала в патронах – центрозміщувачах, у яких вал закріплюють крайніми корінними шийками чи першою корінною шийкою і фланцем. Центрозміщувачі дозволяють зміщувати вал на величину радіуса кривошипа і для шліфування суміщати осі шатунних шийок з віссю шпинделя верстата. Контроль установлення вала в цьому випадку здійснюють за допомогою мірних лінійок на патронах у залежності від величини радіуса кривошипа для кожної марки колінчастого вала. Для суміщення шатунних шийок з віссю верстата необхідно зафіксувати планшайбу з центрозміщувачем; повертати вал у патронах поки губки спеціальної вертикальної призми не будуть прилягати до поверхні шатунної шийки без просвіту; закріпити вал у патронах. Контроль установлення вала проводять за биттям шийки при його провертанні. Індикатор з подовженою ніжкою встановлюють у горизонтальній площині і фіксують його покази в

двох положеннях вала, коли кривошипи знаходяться у вертикальному положенні. Різниця в показах індикатора не повинна перевищувати 0,1 мм. При великих відхиленнях необхідно відрегулювати установа вала.

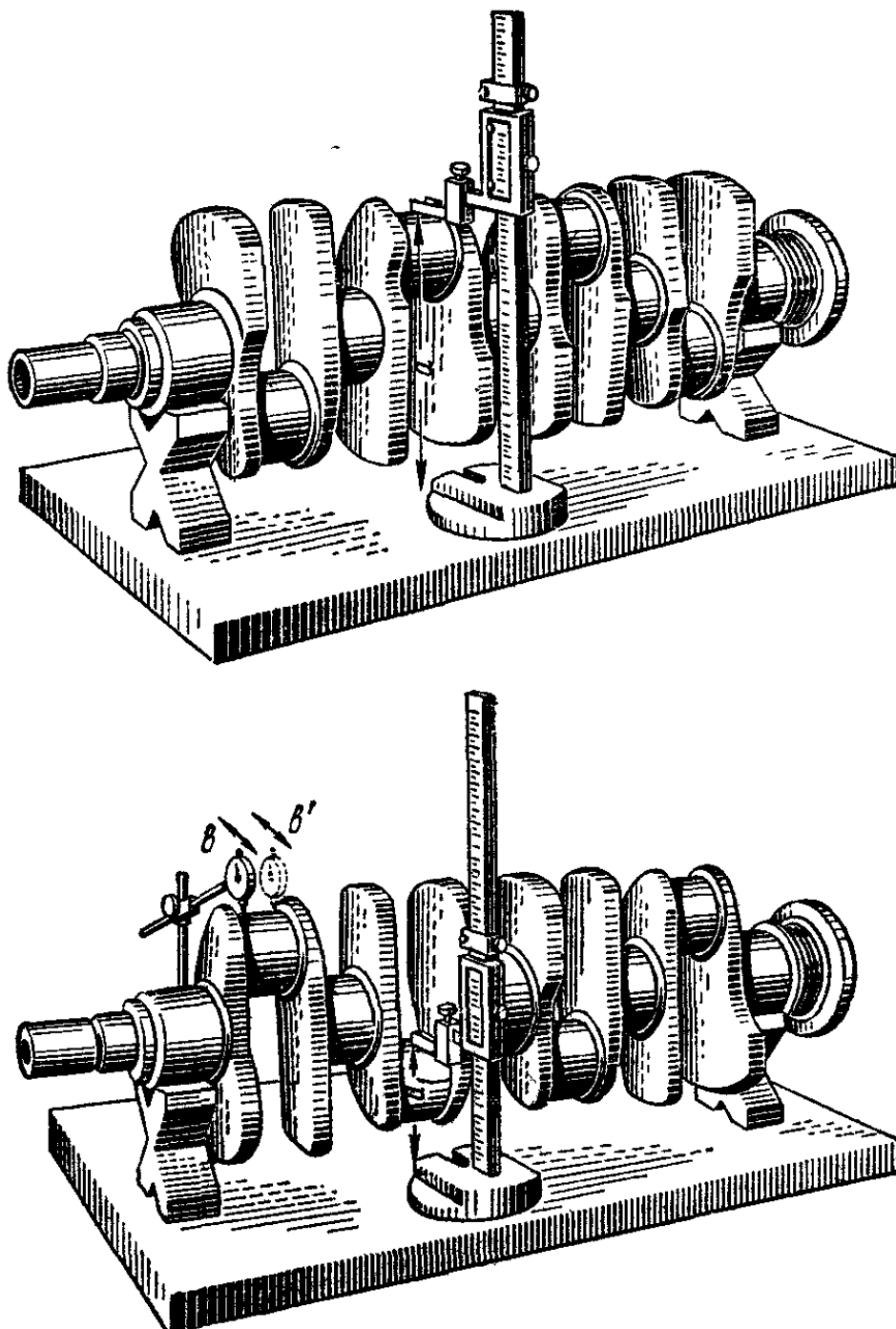


Рис. 3. Перевірка на плиті радіуса кривошипа ($R = (a - a_1) / 2$) і паралельності корінних і шатунних шийок колінчастого вала

Перевіряють радіус кривошипа після шліфування на контрольній плиті (рис. 3). Осі шатунних шийок повинні бути рівнобіжні корінним. Відхилення від паралельності (різниця максимальних показань індикаторів у точках v і v') допускається не більше 0,03 мм на довжині 100 мм, включаючи конусність шийки. Зсув осей шатунних шийок щодо загальної діаметральної площини, що проходить через першу корінну і першу шатунну шийки, допускається не більше 1 мм. Зсув осі другої шатунної шийки щодо третьої не повинно бути більше 1 мм.

Корінні шийки вала шліфують при установленні його на нерухомих центрах верстата. Обертання вала в цьому випадку здійснюють від повідкового патрона передньої бабки. Радіальне биття фланця під маховик і шийки під розподільну шестірню при обертанні вала не повинно перевищувати 0,05 мм. При більшому битті необхідно проточити центрові фаски різцем на токарному верстаті, закріплюючи вал у патроні верстата і люнеті.

Чорнове шліфування рекомендується починати із середньої корінної шийки, потім прошліфувати інші шийки повністю. Закінчити чистове шліфування на середній корінній шийці.

Корінні шийки, так само як і шатунні, шліфують на один (свій) ремонтний розмір з різницею в діаметрах не більше 0,05 мм. При відхиленні діаметра однієї шатунної шийки від діаметра інших шийок більше ніж на 0,2 мм при різниці в ремонтних розмірах для даного вала в 0,25 мм необхідне оброблення цієї шийки на наступний ремонтний розмір. Овальність і конусність усіх шийок допускається не більше 0,02 мм. Твердість шийок повинна бути не нижче 45 HRC. Шорсткість поверхні за 9-м класом ($Ra < 0,32$ мкм).

Для контролю розміру вала в процесі шліфування застосовують пристрій, показаний на *рисунку 4*. Перед чистовим шліфуванням необхідно обробити фаски в масляних отворах. Для цього застосовують високооборотну пневматичну дріль зі спеціально заправленим абразивним інструментом чи електродріль зі свердлом діаметром 14 – 16 мм, що має твердосплавні пластинки (частота обертання не більше 500 об/хв.). Усі шийки колінчастого вала повинні бути піддані поліруванню.

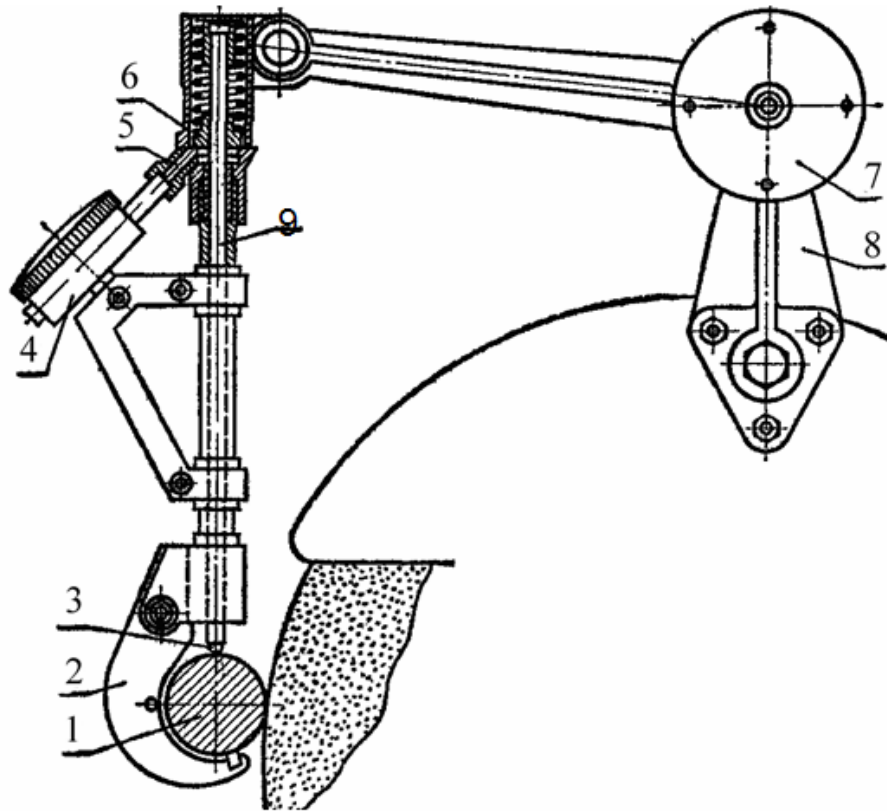


Рис. 4. Пристрій для контролю розміру шийки вала в процесі шліфування: 1 – шийка вала; 2 – скоба; 3 – вимірвальний стрижень; 4 – індикаторна головка; 5 – ніжка індикатора; 6 – передавальний механізм; 7 – демпфер (масляний); 8 – встановлювальний кронштейн; 9 – стрижень передавального механізму

Полірування можна виконувати на стенді для одночасного полірування двох валів, абразивними чи алмазними стрічками за допомогою пристрою до шліфувального верстата, на універсальному пристрої до токарного верстата або за допомогою затискачів вручну.

Кінематична схема стенда для одночасного полірування двох колінчастих валів зображена на рисунку 5. Для привода стенда використовують електродвигун потужністю 1 кВт.

Частота обертання валів повинна бути в межах 150 – 200 об./хв., зусилля притиснення затискачів 100 – 120 Н. На фетрову стрічку затискачів наносять тонкий шар 28 – мікронної пасти з дизельним маслом. Полірування всіх шийок валів ведуть протягом 3 – 5 хвилин до шорсткості не нижче 9-го класу.

Зношені шийки для підшипників кочення валів пускових двигунів, для розподільної шестірні і шківа привода вентилятора

відновлюють електроіскровим нарощуванням, плазмовим напилюванням чи насталуванням з наступним механічним обробленням до номінального розміру.

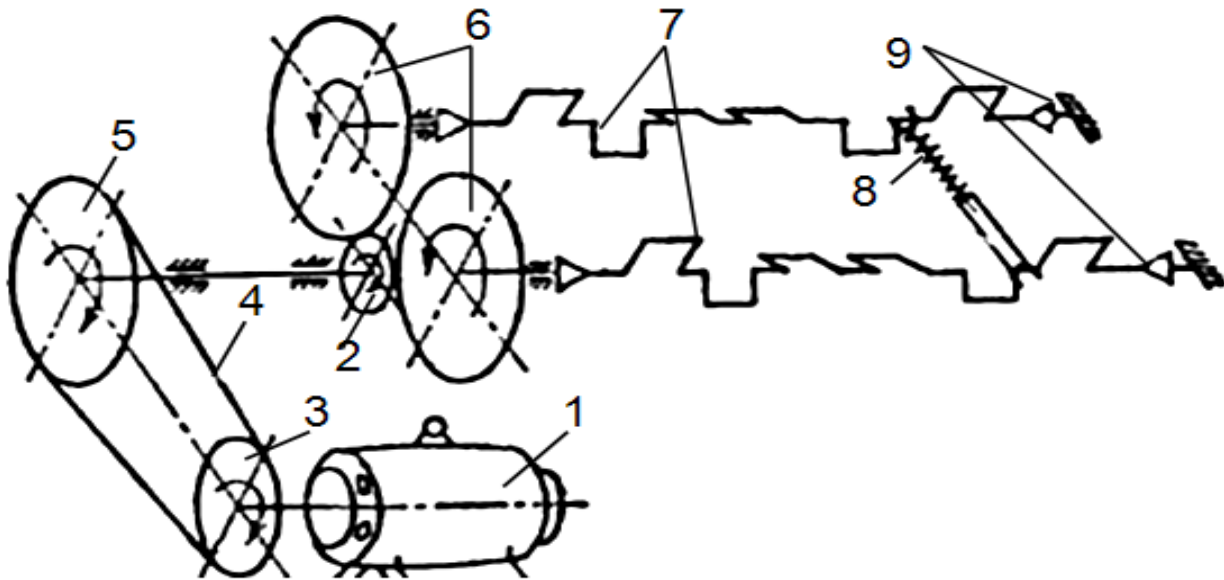


Рис. 5 - Схема станда для полірування колінчастих валів:
1 - електродвигун; 2 - ведуча шестерня; 3 - ведучий шків; 4 - клиноподібний ремінь; 5 - ведений шків; 6 - ведені шестерні; 7 - колінчасті вали; 8 - механічний затискач; 9 - підвідні центри

Зношені стінки шпонкових канавок відновлюють обробленням на збільшений розмір.

Відновлення отворів у фланці колінчастого вала під болти кріплення маховика проводять по кондукторі чи разом з маховиком розсвердлюванням на збільшений ремонтний розмір і нарізуванням різі ремонтного розміру.

Після використання всіх ремонтних розмірів зношені колінчасті вали можуть відновлюватися до номінальних розмірів методами наплавлення під шаром флюсу, гальванічним нарощуванням, електроконтактним напіканням чи напилюванням металевих порошків.

Після ремонту чи відновлення колінчасті вали повинні піддаватися динамічному балансуванню на спеціальній машині БМ-У4. Визначивши місце розташування і величину невірної важеності мас, усувають її шляхом висвердлювання отворів у противагах вала.

Допускається величина дисбалансу для колінчастих валів двигуна А-01 – 40 гсм, вантажних автомобілів – 70–120 гсм, легкових автомобілів – 10–50 гсм.

Корінні і шатунні підшипники колінчастих валів автотракторних двигунів при зносі мають овальність з більшою віссю у площині, яка перпендикулярна до площини рознімання підшипників, конусність, а робочі поверхні насичуються продуктами зносу. У результаті цього збільшуються зазори в підшипниках, що приводить до появи стуків і зменшення тиску масла в магістралі. Припустима величина масляного зазору в підшипниках при поточному ремонті встановлюється приблизно в два рази більше номінального зазору.

Наступне використання зношених підшипників для більшого розміру вала можливе після видалення поверхневого шару з накопиченими абразивними частинками шляхом розточування.

У підшипників спостерігається також викришування антифрикційного шару, зминання площин у місцях рознімання й ослаблення посадки в постелях шатуна і блока в результаті зносу внутрішньої поверхні останніх. При наявності цих дефектів підшипники вибраковуюються.

Контрольні запитання

1. Чим пояснити зміну первісної циліндричної форми шийок колінчастого вала при роботі?

2. Як правильно установити колінчастий вал на верстаті при шліфуванні шатунних шийок? Як визначити після шліфування радіуси кривошипів, шатунних шийок і чому важливо забезпечити номінальну величину цих радіусів?

3. Як правильно установити колінчастий вал на верстаті при шліфуванні корінних шийок? Яка роль люнета?

4. Для чого і як полірують шийки колінчастого вала?

Практична робота №5

ВИВЧЕННЯ ДЕФЕКТІВ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ВПЛИВ НА НАДІЙНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Мета роботи: Визначити технічні умови які впливають на виникнення дефектів деталей газорозподільного механізму. Ознайомитися з вимірювальними приладами і методами технічного контролю газорозподільного механізму ДВЗ. Дослідити характер спрацьовування газорозподільного механізму, його деформації і визначити спосіб відновлення.

Завдання роботи

1. Визначити умови роботи деталей і складальних одиниць.
2. Визначити види зношування деталей і складальних одиниць.
3. Визначити вплив дефектів на надійності і довговічності деталей і складальних одиниць.
4. Запропонувати рекомендації щодо зменшення основних параметрів зношування.

Додаткові засоби: деталі, складальні одиниці або їх фрагменти, колишні в експлуатації; штангенінструмент або мікрометричний інструмент з ноніусним відліком, збільшувальне скло.

Короткі теоретичні відомості

Газорозподільний механізм (ГРМ) призначений для вприскування пального і випуску відпрацьованих газів у двигунах внутрішнього згорання. Сам механізм газорозподілу буває нижньоклапанним (коли розподільний вал знаходиться в блоці циліндрів) і верхньоклапанним (передбачає розташування

розподільного валу в головці блоку циліндрів). Існують й альтернативні механізми газорозподілу, такі як гільзова система ГРМ, десмодромна система і механізм зі змінними фазами.

Для двотактних двигунів механізм газорозподілу реалізується за допомогою впускних і випускних вікон в циліндрі. Для чотиритактних двигунів найбільш розповсюдженою є верхньоклапанна система, яку ми і розглянемо нижче.

Будова газорозподільного механізму

На рисунку 1 розглянуто схему газорозподільного механізму двигуна внутрішнього згорання. У верхній частині блоку циліндрів знаходиться головка блоку циліндрів з розташованими на ній розподільним валом, клапанами, штовхачами або коромислами. Шків приводу розподільного валу винесений за межі головки блоку циліндрів. Для виключення протікання моторного мастила з під клапанної кришки, на шийку розподільного валу встановлюється сальник. Сама ж клапанна кришка встановлюється на масло – бензин – стійку підкладку. Ремінь газорозподільного механізму або цеп "одягається" на шків розподільного валу і приводиться в дію шестернею колінчастого валу. Для натягання ременя використовують натяжні ролики, для цепу натяжні "черевики". Зазвичай ремінь газорозподільного механізму чи цеп приводить в дію помпа водяної системи охолодження, проміжний вал для системи запалювання і привод насоса високого тиску ПНВТ (для дизельних двигунів).

З протилежної сторони розподільного валу з допомогою прямої передачі або через ремінь, можуть приводитися в дію вакуумний підсилювач, гідропідсилювач або автомобільний генератор.

Розподільний вал представляє собою вісь з виточеними на ній кулачками. Кулачки розташовані по валу так, що в процесі обертання, при дотику з штовхачами клапанів натискають на них точно у відповідності з робочими тактами двигуна.

Існують двигуни і з двома розподільними валами (ДОНС) і великою кількістю клапанів. Як і в першому випадку, шків приводяться в дію одним ременем газорозподільного механізму і цепом. Кожен розподільний вал закриває один тип клапанів випускних чи впускних.

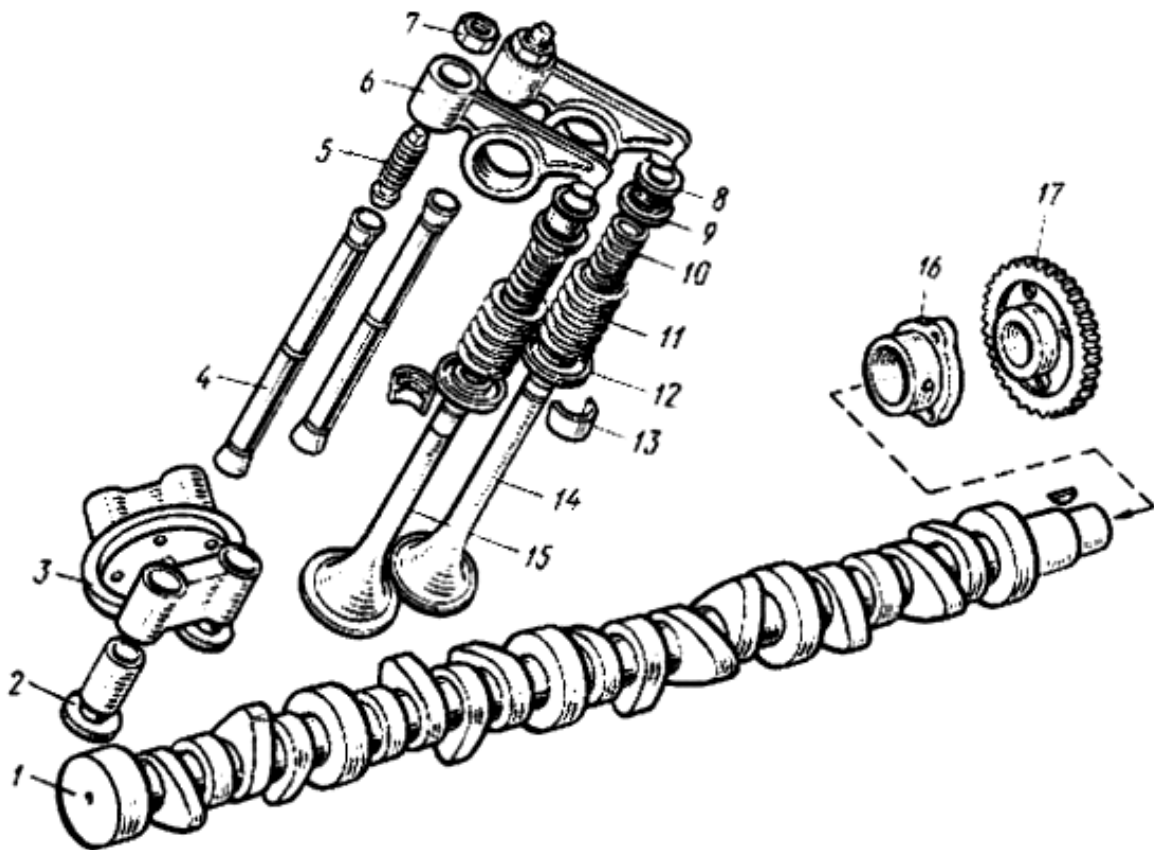


Рис. 1. Схема Газорозподільного механізму: 1 - розподільний вал; 2 - штовхач; 3 - напрямний штовхач; 4 - штанга; 5- гвинт регулювання; 6 - коромисло; 7 - контргайка; 8 - втулка; 9 - тарілка; 10 - внутрішня пружина; 11 - зовнішня пружина; 12 - шайба; 13 - сухар; 14 - впускний клапан; 15 - випускний клапан; 16 - фланець; 17 - шестерня;

Клапан натискається коромислом (старіші версії двигунів) або штовхачем. Розрізняють два види штовхачів: перший – штовхачі, де зазор регулюється шайбами калібрування; другий – гідроштовхачі. Гідроштовхач пом'якшує удар по клапану завдяки маслу, яке знаходиться в ньому. Регулювання зазору між кулачком і верхньому частиною штовхача не потребується.

Конструктивно-технологічна характеристика деталей газорозподільного механізму. Головку блока двигуна виготовляють з чавуну СЧ-20, заготовку – литтям, а потім піддають низькотемпературному відпалу і старінню.

Основні конструктивні елементи головки: стінки сорочки охолодження, гнізда під клапани, привалкові поверхні з блоком

циліндрів, випускним колектором, кришкою газорозподільного механізму, поверхні під спряження з втулками клапанів, форсунки, різьбові отвори.

Точність розмірів головок в межах 7 – 8 квалітетів. Відхилення форми не повинні перевищувати 0,01 – 0,02, відхилення розміщення – 0,02 – 0,05 на 100 мм довжини.

Газорозподільний вал виготовляють із сталі 45. Поверхні опорних шийок і кулачків загартовують СВЧ на глибину 2–5 мм до твердості HRC = 54 – 62.

Основні конструктивні елементи розподільного вала: опорні шийки, впускні і випускні кулачки, шийки під розподільну шестірню, різьба і паз під шпонку кріплення шестірні, центрові отвори.

Точність розмірів для шийок в межах 6–7 квалітетів, для решти елементів – 8-9 квалітетів, відхилення форми і розмірів не повинні виходити за межі поля допуску 7-го квалітету. Шорсткість поверхонь шийок і кулачків не грубіше $Ra = 0,32$ мкм.

Випускні і впускні клапани виготовляють із сталі 40X9C2, заготовки клапанів – гарячою штамповкою в закритих штампах, а потім піддають ізотермічному відпалу і після попередньої механічної обробки загартовують до твердості HRC = 40 – 48.

Основні конструктивні елементи клапана: поверхня спряження стержня з напрямною втулкою, тарілка клапана з фаскою під гніздо в головці, торцева поверхня, яка контактує з коромислом, виточки на стержні під сухариками кріплення пружини.

Точність розмірів і форми робочих поверхонь клапанів у межах 6 – 7 квалітетів. Шорсткість поверхонь стержня клапана, фаски, торця не грубіше $Ra = 0,32$ мкм.

Клапанні пружини виготовляють із сталі 60C2A, загартовують при температурі 900-920 °С і піддають відпуску при температурі 480°С.

Конструктивними елементами пружин є опорні й робочі витки.

Відхилення від номінальних розмірів не повинні перевищувати 0,2–0,4 мм, а за кількістю витків – 0,2 витка; кінцеві витки повинні бути закручені в замкненому кільці і зашліфовані перпендикулярно до твірної поверхні пружини на довжині не менш як 0,75 довжини кола; кривизна пружин у вільному стані не повинна перевищувати 2% її довжини.

Характер дефектів деталей газорозподільного механізму і способи їх усунення. У процесі роботи на деталі газорозподільного механізму діють сили тертя, вібрації, знакозмінні навантаження, агресивні середовища тощо. Вони спричиняють механічні пошкодження (тріщини, задирки, риски, корозію), відхилення розміщення (від паралельності, від перпендикулярності, від співвісності, биття) спрацювання, овальність, конусність поверхонь, які спряжуються. У клапанних пружинах виникають залишкові деформації і зменшується їх пружність.

Дефекти головки блока усувають механічною обробкою, тріщини заварюють або ремонтують синтетичними матеріалами, сідло під клапан фрезерують і притирають або розточують і встановлюють нове.

Поверхні розподільного вала, які спряжуються, кулачки, опорні шийки ремонтують наплавленням, прогин вала – правкою.

Дефекти поверхонь стержня, що спряжуються, впускного і випускного клапанів відновлюють механічною обробкою під ремонтні розміри фасок клапанів – шліфуванням і притиранням, прогин стержня – правкою.

Пружність пружин відновлюють накатуванням роликом або термічною фіксацією (розтягуванням пружини до початкової довжини, нагріванням до температури 400–450°C електричним струмом, а потім охолодженням на повітрі).

Схеми вимірювання параметрів деталей газорозподільного механізму наведено на рис. 2, 3, 4, 5.

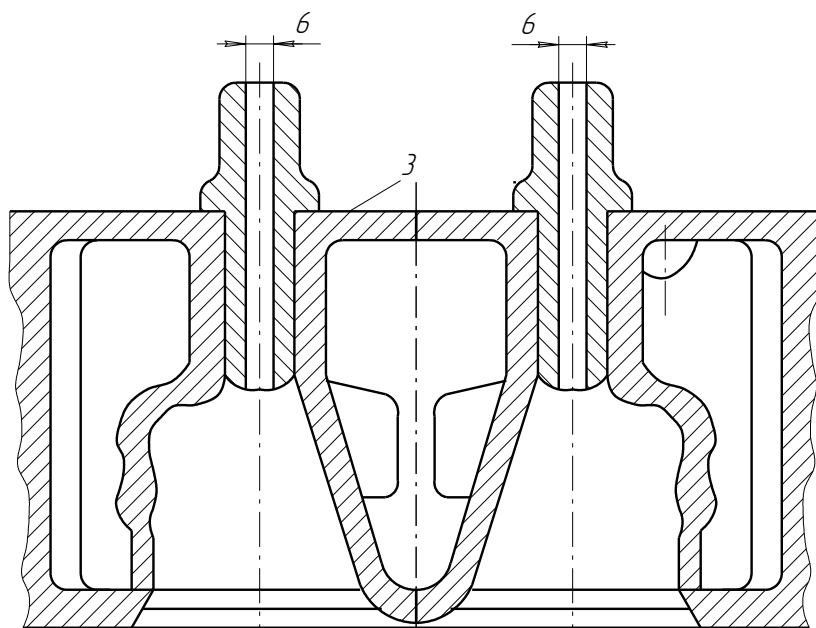


Рис. 2. Вимірювання параметрів головки блока

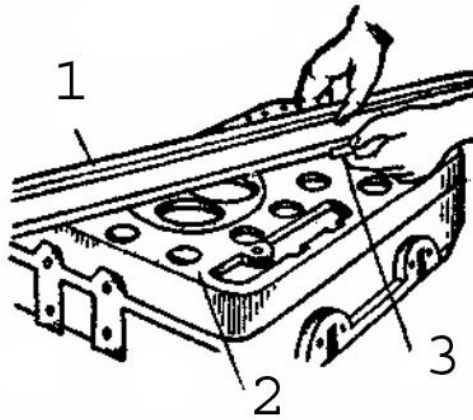


Рис. 3. Перевірка відхилення від площинності поверхні прилягання головки до блока: 1 - лінійка; 2 - головка блока; 3 - щуп

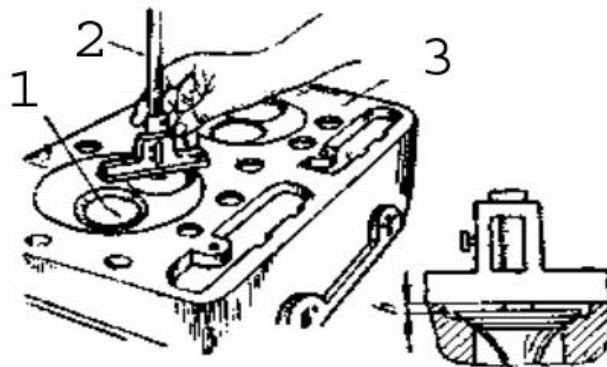


Рис. 4. Вимірювання глибини заглиблення клапана: 1 - клапан; 2 - штангенглибиномір; 3 - головка блока

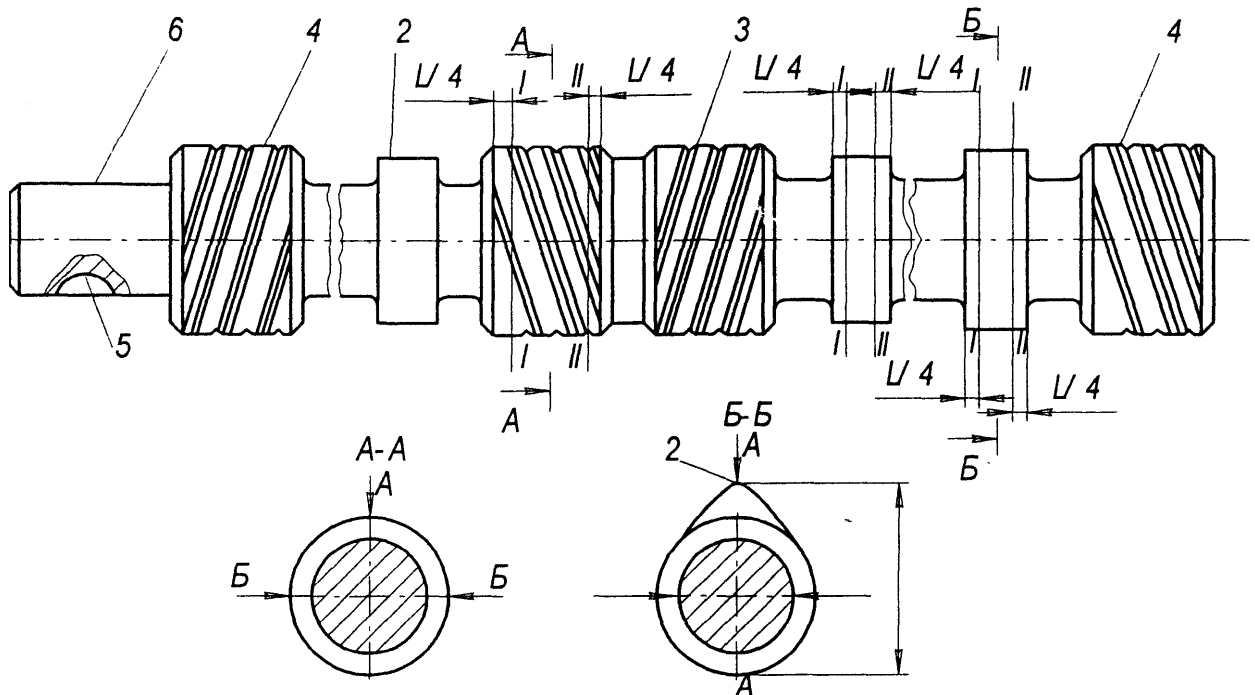


Рис. 5. Вимірювання параметрів газорозподільного вала

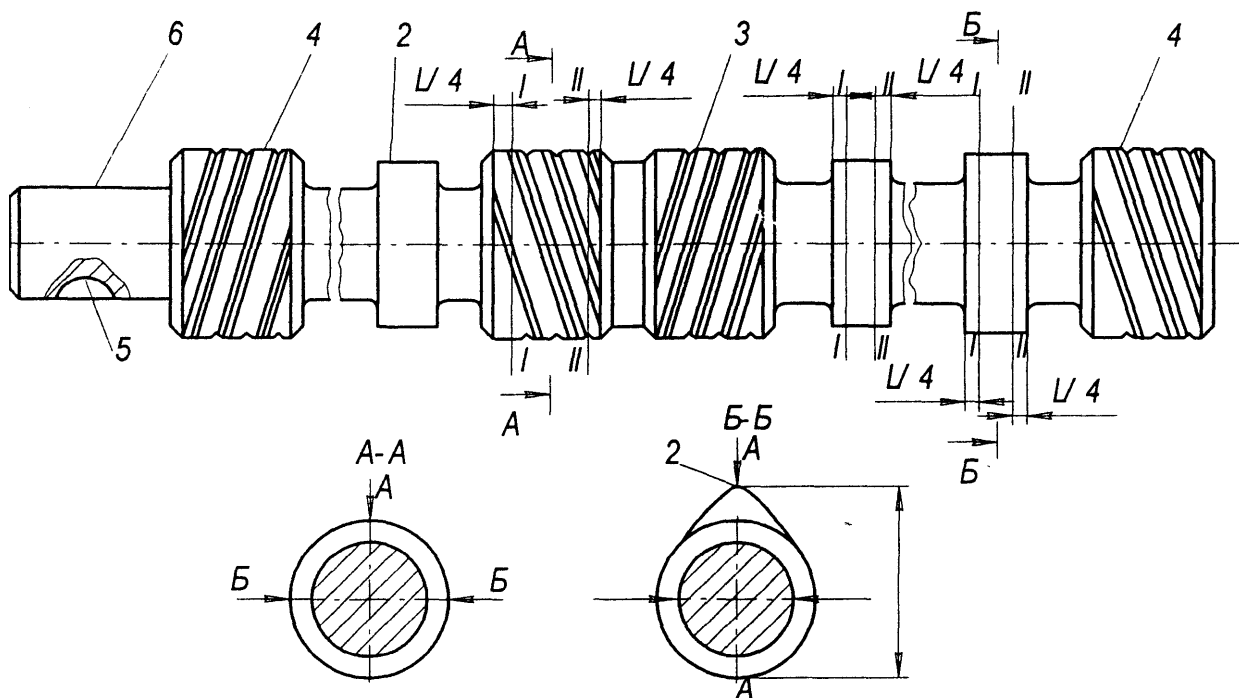


Рис. 5. Вимірювання параметрів газорозподільного вала

Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитись з методичними вказівками щодо виконання практичної роботи. Вивчити конструктивно-технологічну характеристику розподільного вала, умови їх роботи, вірогідні дефекти і способи їх усунення.

2. Підготувати вхідні дані для дефектації розподільного вала.

Накреслити схему вимірювань шийки і кулачків розподільного вала.

3. Виміряти розміри шийок вала і висоту кулачків. Для шийок валів обчислити овальність і конусність, для кулачків – конусність за формулами

$$\Delta_{ОВ} = d_{A-A} - d_{B-B}, \quad \Delta_{КОН} = d_{\max} - d_{\min}. \quad (1)$$

Визначити розміри шпоночного паза і шийки вала під шестерню.

4. Захист результатів роботи. Звіт роботи здати викладачеві. Під час захисту студент повинен пояснити і обґрунтувати розрахунки, прийняті технологічні рішення, знати головні характеристики обладнання та інструменту, послідовність виконання роботи.

Дефекти розподільного вала, способи їх виявлення і усунення

Дефект	Спосіб виявлення дефекту. Вимірювальний інструмент	Розміри, мм			Спосіб усунення дефекту
		за кресленням	допустимі без ремонту у sprzęженні з деталями		
			що була у користув.	з новою	
1. Тріщини, зломи	Зовнішній огляд	Не допускається			Замінити вал
2. Спрацювання кулачків вала по висоті	Штангенциркуль ШЦ II-160-0,05	53 ^{-0,19}	52,3	52,3	Наплавити і обробити під початковий розмір
3. Прогин вала	Плита перевірна 2-1-1000□600, призми П2-2-2, штатив Ш-ПВ-8 індикатор ІЧ 10Б	Биття середньої опорної шийки відносно до крайніх, не більше			Правити до виведення прогину
		0,030	0,10	0,10	
4. Спрацювання опорних шийок	Мікрометр МК 75-2	68 ^{-0.060} _{-0.106}	67,82	67,73	Наростити (залізненням, наплавленням) і обробити під початковий розмір
5. Спрацювання шпоночного паза вала по ширині	Пробки 10	10 ^{-0.015} _{-0.105}	–	10,02	Обробити під ремонтний розмір 10.5 ^{-0.015} _{-0.105}
6. Спрацювання шийки вала під шестірню	Мікрометр МК 50-2	45 ^{+0.033} _{+0.017}	45,00	44,99	Наростити (залізненням, наплавленням) і обробити під початковий розмір

**Результати вимірювань
шийок розподільного вала, мм**

Площина вимірювання	Передня			Середня			Задня		
	А-А	Б-Б	Овальність	А-А	Б-Б	Овальність	А-А	Б-Б	Овальність
Пояс вимірювання									
І – І									
ІІ – ІІ									
Конусність									

Контрольні питання

1. Назвіть конструктивні елементи головки блока, розподільного вала, клапана, пружин і їх вірогідні дефекти?
2. Як досягається щільність у спряженні клапан-сідло клапана головки блока?
3. Як визначають спрацювання, овальність і конусність шийок вала?
4. Як визначають і відновлюють спрацювання кулачків розподільного вала?
5. Як визначають биття середньої шийки розподільного вала?
6. Питання по змісту практичної роботи.

Практична робота №6
**ВИВЧЕННЯ ДЕФЕКТІВ ДЕТАЛЕЙ ШАТУННО-
ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ (ШПГ) ТРАНСПОРТНИХ МАШИН**
ЇХ ВПЛИВ НА НАДІЙНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ
ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Мета роботи: Ознайомитись із обладнанням, приладами, пристроями та інструментом, що застосовуються при вивченні деталей ШПГ. Набути практичних навиків відновлення та ремонту деталей. Визначити технічні умови роботи та вплив дефектів деталей ШПГ, способи відновлення.

Завдання роботи

1. Визначити умови роботи деталей і складальних одиниць.
2. Визначити види зношування деталей і складальних одиниць.
3. Визначити вплив дефектів на надійності і довговічності деталей і складальних одиниць.
4. Запропонувати рекомендації щодо зменшення основних параметрів зношування.

Додаткові засоби: деталі, складальні одиниці або їх фрагменти, колишні в експлуатації; штангенінструмент або мікрометричний інструмент з ноніусним відліком, збільшувальне скло.

Короткі теоретичні відомості

Шатунна-поршнева група (ШПГ) як складова рухомої частини кривошипно-шатунного механізму складається з поршнів із поршневими кільцями, поршневих пальців і шатунів.

Поршні служать для передачі зусилля тиску газів, яке виникає внаслідок згоряння робочої суміші, при робочому ході поршня і через поршневий палець, шатун на колінчастий вал. В процесі роботи двигуна поршень зазнає значних механічних навантажень

(внаслідок нерівномірності його руху в циліндрі в крайніх положеннях у ВМТ і НМТ) його швидкість руху дорівнює нулю, а близько середини ходу вона досягає максимального значення, також піддається дії високих температур у період згоряння палива й розширення газів, які при цьому утворились. Поршень являє собою металевий стакан, днищем повернутий догори. Складається із трьох основних частин (рис. 1): днища 6, ущільнюючої частини 4 з проточеними в ній канавками для поршневих кілець і спідняка 8, поверхня якого взаємодіє з дзеркалом циліндра. Днище й ущільнююча частина складають головку поршня.

Днище поршня разом із внутрішньою поверхнею циліндра й головкою блока утворюють камеру згоряння, безпосередньо приймає тиск газів: воно може бути плоским (рис. 1 б, в), випуклим і фасонним (рис. 1, а).

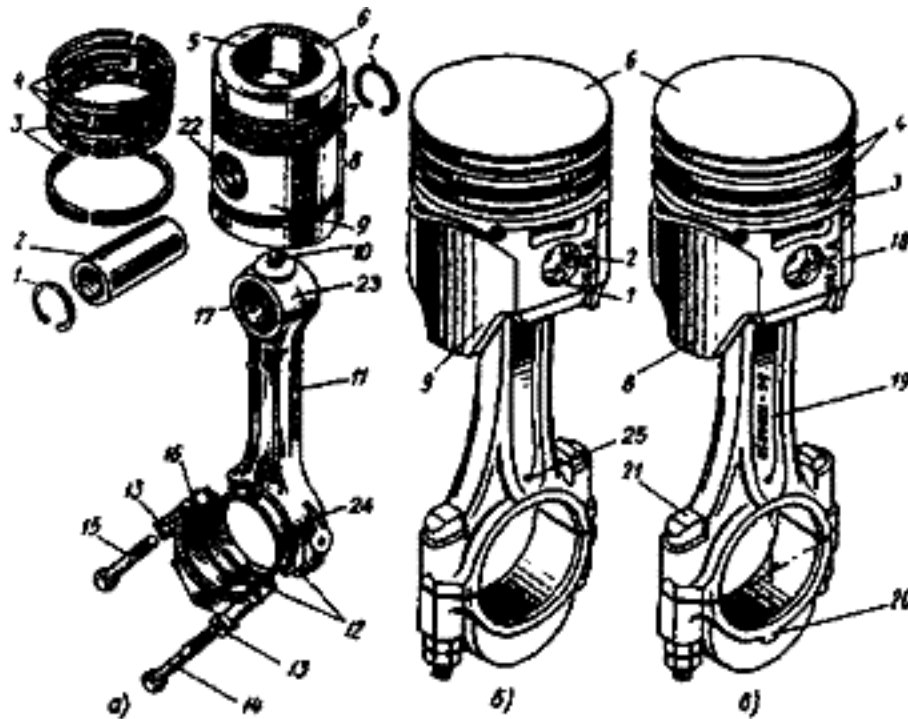


Рис. 1. Поршнево-штанунна група кривошипно-штанунного механізму

В автомобільних двигунах частіше встановлюють поршні, які виготовляються з алюмінієвого сплаву, так як вони достатньо міцні, легкі, мають високу теплопровідність і добрі антифрикційні властивості.

Конструкція поршня повинна забезпечувати такий зазор між поршнем і циліндром, який виключав би стукіт поршня після запуску (коли двигун холодний) і заклинення його внаслідок теплового розширення при роботі двигуна під навантаженням.

Достатнє ущільнення поршня до стінок циліндра забезпечується наявністю компресійних кілець, які розміщуються в канавках головки поршня.

Компресійні кільця ущільнюють поршень у циліндрі двигуна і запобігають прориву газів через зазор між поршнем і стінками циліндра.

Конструктивно поршневе кільце являє собою плоску розрізану пружину із зазором, який називається замком (рис. 2).

Замок дозволяє встановити кільця на поршень і забезпечує вільне розширення їх і поршня в процесі роботи двигуна.

Компресійні кільця в канавках поршня (рис. 2, б.) розміщують так, щоб виточка 9 на внутрішніх циліндричних поверхнях кілець була направлена вгору, в бік днища поршня. Зовнішня поверхня нижнього компресійного кільця 7 має невелику конусність, більша основа якого направлена вниз, що забезпечує краще ущільнення з'єднань поршень-циліндр. Встановлюючи компресійні кільця на поршень, необхідно слідкувати за тим, щоб замки сусідніх кілець були зміщені на деякий кут (90-180°) один відносно другого (кут зміщення залежить від числа кілець).

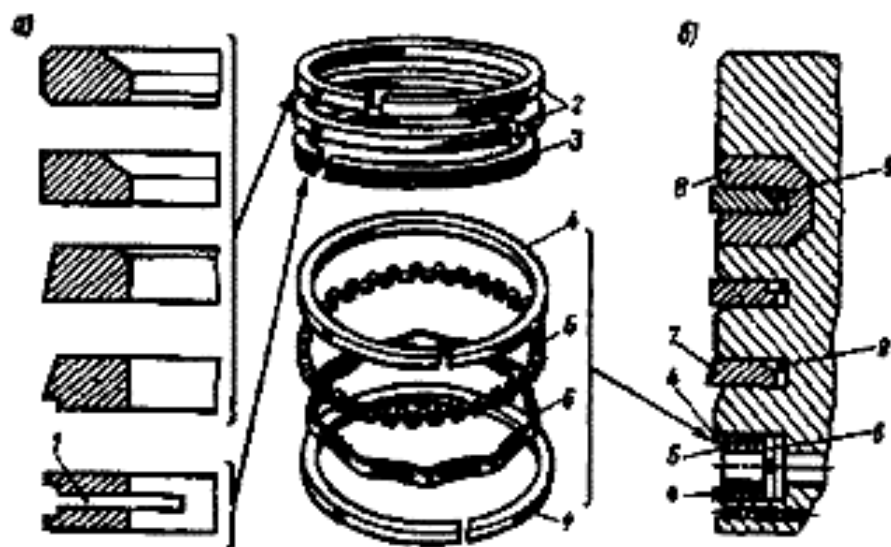


Рис. 2. Поршневі кільця

Спідняк виконує функції напрямної поршня і тому має діаметр у перерізі більший, ніж діаметр головки поршня, чим забезпечується добре ущільнення поршня з циліндром.

Але для того, щоб поршень не заклинило в циліндрі при роботі двигуна, в спідняку роблять розріз (косий компенсаційний розріз в або Т-подібний) або надають йому овальної форми (більша вісь овалу повинна бути перпендикулярною до осі поршневого пальця і дорівнювати внутрішньому діаметру дзеркала циліндра).

Якщо на спідниках поршнів є розрізи, то їх встановлюють у двигуні так, щоб боковий тиск при робочому ході приймала та частина поршня, де немає розрізу. При переході поршня через МВТ він переміщується від однієї стінки циліндра до другої, що супроводжується стуками. Для усунення цих стуків вісь отвору під палець зміщують вбік (на 1,5–2 мм) максимального бокового тиску.

Для правильного встановлення поршнів у циліндрі і точного з'єднання із шатунами на поршнях і шатунах є відповідні мітки 18, 19 (рис. 1, б, в).

Для зменшення маси поршня й проходу кривошипа колінчастого вала при положенні його в НМТ на спідняку поршня роблять виріз. Для кращого притирання поршня до циліндра його направляючі стінки (спідняк) покривають тонким шаром олова.

Щоб виключити можливість попадання оливи, яка подається на циліндр, для зменшення коефіцієнта тертя між поршнем і циліндром, в камеру згоряння на головці поршня нижче компресійних в спеціальній канавці розміщують оливознімні кільця 3 (рис. 2). Оливознімне кільце знімає лишки оливи зі стінок циліндра і відводить її в піддон картера.

Поршневі кільця виготовляють із легованого чавуну, а для двигунів із великими динамічними навантаженнями – із спеціальної сталі.

Чавунне оливознімне кільце 3 (рис. 2, а) відрізняється від компресійного прорізами 1 для проходження оливи. В канавці під оливознімне кільце свердлять один або два ряди отворів для відведення оливи в середину поршня. На багатьох двигунах використовують сталеві складові оливознімні кільця. Складове оливознімне кільце розбірне, воно складається із двох сталевих кільцевих дисків 4 (рис. 2, б) і двох гофрованих розширювачів: осьового 5 і радіального 6.

Число компресійних і оливознімних кілець у різних двигунах може бути різне: 3 компресійні, 1 оливознімне; 2 компресійні, 1 оливознімне; 2 компресійні, 1 оливознімне.

Для шарнірного з'єднання поршня з верхньою головкою шатуна служить поршневий палець 2 (рис. 1, а). Через пальці передаються значні зусилля, тому їх виготовляють із легованої або вуглецевої сталі з послідуною цементацією або загартуванням СВЧ.

Поршневий палець являє собою товстостінну трубку із старанно відшліфованою зовнішньою поверхнею, яка проходить через верхню головку шатуна й кінцями спирається на напливи поршня 22 (рис. 1, а).

По способу з'єднання з шатуном і поршнем пальці діляться на плаваючі і закріплені (у більшості в головці шатуна). Найбільше поширення отримали плаваючі поршневі пальці, які вільно повертаються в отворах напливів 22 спідняка поршня і у втулці 17, яка вставляється в головці шатуна. Осьове переміщення поршневого пальця обмежується стопорними кільцями 1, які розміщуються у виточці отворів напливів спідняка поршня.

В працюючому двигуні поршень із алюмінієвого сплаву розширюється більше, ніж поршневий палець, через різницю коефіцієнта лінійного розширення. Це призводить до можливих стуків в отворах напливів спідняка поршнів. Для усунення цього явища поршень перед складанням з шатуном нагрівають до 70-80°C, а потім в поршень і шатун вставляють палець. Цим забезпечують нормальний тепловий зазор у цьому з'єднанні на всіх режимах роботи двигуна.

Поршень із колінчастим валом з'єднує шатун. Він перетворює зворотно-поступальний рух поршня в обертальний рух колінчастого вала.

Шатун штампують із легованої або вуглецевої сталі. Основними частинами шатуна (рис. 1) є: стержень 11 двотаврового перерізу; верхня головка 23; нижня головка 24; кришка 16 нижньої головки. У стержні 11 шатуна при примусовому змащуванні поршневого пальця (в основному в дизельних двигунах) свердлять крізний отвір – канал для оливи.

Шатун здійснює складний рух, а саме: верхня головка разом з поршнем рухається зворотно-поступально; нижня головка обертається разом із шатунною шийкою колінчастого вала;

стержень шатуна здійснює коливальний рух. В більшості випадків нижню головку роблять рознімною в площині, яка перпендикулярна до осі шатуна. У випадку, коли шатунні шийки колінчастого вала мають великий діаметр, що приводить до збільшення розмірів нижньої головки шатуна і утруднюється або унеможлиблюється монтаж і демонтаж поршня із шатуном через циліндр; площина розділення нижньої головки шатуна може бути під кутом до осі шатуна (рис. 1, а).

Кришка шатуна, яка виготовляється з того самого металу, що і шатун, прикріплюється до нижньої головки шатуна двома болтами 21, які виготовлені з високоякісної сталі. Гайки болтів шатуна затягують динамометричним ключем і старанно шплінтують або стопорять спеціальними стопорними шайбами 13.

Нижню головку шатуна й кришку розточують разом, щоб одержати отвір правильної циліндричної форми. Ось тому кришку не можна перекидати або переставляти на інші шатуни, так як це може викликати зміну внутрішнього діаметра вкладиша, що призведе до виходу з ладу колінчастого вала або двигуна. На шатунах і кришках з одного боку проставляють необхідні мітки 20. В нижні головки шатунів встановлюють ковзні підшипники, які складаються із двох вкладишів 12 (верхнього і нижнього), які виготовляють з сталі або сталєалюмінієвого сплаву і покритих шаром антифрикційного сплаву (на алюмінієвій основі з 25-30 % олова) із внутрішнього боку. Використання таких вкладишів забезпечує надійну роботу підшипника при малому зазорі між шийками колінчастого вала й вкладишів.

Ремонт та відновлення деталей ШПГ

Ремонт циліндрів

Зношені циліндри, що входять в механізми перетворення руху, прийнято ремонтувати по системах ремонтних розмірів.

Під ремонтним розміром розуміють той діаметр циліндра, до якого при ремонті знімають дефектний шар металу з його робочої поверхні. До отриманого ремонтного розміру циліндра підганяють розміри зв'язаної деталі.

Система ремонтних розмірів дає можливість відновлювати правильну геометричну форму зношених поверхонь і обробляти їх з необхідною шорсткістю.

Ремонтні розміри циліндрів, як правило, встановлюються заводами-виробниками. Ці розміри йдуть з градацією 0,5–1,0 мм залежно від діаметру циліндра. Останній ремонтний розмір має бути таким, щоб циліндр був досить міцним (виконується розрахунок на міцність).

Циліндри, знос яких вийшов за межі останнього ремонтного розміру, в окремих випадках можна відновити розточуванням і наступною запресуванням гільзи. Гільзу запресовують в розточений корпус з натягом, потім обробляють її отвір до номінального отвору циліндра.

Якщо в циліндрі вже є гільза, і вона зношена, то її розточують до найближчого ремонтного розміру на розточувальному або токарному верстаті.

Відновлення робочої поверхні циліндрів за системою ремонтних розмірів має істотні достоїнства: багаторазово використовується корпус циліндра (чи блок циліндрів), що дуже цінно, оскільки виготовлення нового циліндра обходиться дорого і вимагає великих трудових витрат, а у багатьох випадках не доступно ремонтному господарству заводу; зношений циліндр можна замінити запасним з належними ремонтними розмірами, отриманими від заводу – виробника, і цим значно прискорити ремонт.

Відремонтовані циліндри повинні задовольняти наступним вимогам: різниця в діаметрі циліндра на довжині 1000 мм не повинна перевищувати 0,03 мм; відхилення осі циліндра від прямолінійності на довжині 500 мм не повинне перевищувати 0,08 мм; відхилення від круглості циліндра не має бути вище 0,02 мм.

Ремонт поршнів

В процесі роботи у поршнів з'являються наступні види зносу: збільшення розмірів і спотворення форми поршневих канавок, отворів у бобишках для поршневого пальця, поява тріщин і задирів на робочих поверхнях, знос бічної поверхні.

Усі види зносу поршнів виявляють оглядом і обміром точними вимірювальними інструментами. Поршні без тріщин і з незначним зносом, що не перевищує граничні, не ремонтують, на них зачищають риски, знімають задирки і після промивання їх знову використовують. Поршні, що мають тріщини і значний знос канавок для кілець, замінюють новими.

При ремонті поршнів зношені поршневі канавки проточують на токарному верстаті під кільця збільшеного ремонтного розміру. Після проточки канавки повинні мати чисту поверхню, стінки канавок мають бути строго паралельні між собою. Биття торців канавок під кільця допускається не більше 0,04–0,05 мм, радіальні риси і інші дефекти не допускаються. Проточувати поршневі канавки можна тільки один раз. Це обмеження диктується зменшенням товщини перемички між канавками.

Зношені отвори під поршневий палець викликають в машині стук. Їх ремонтують розгортанням або тонким розточуванням під збільшений розмір пальця. Розточування бобишек для пальця роблять на токарному верстаті за допомогою спеціального пристрою або на розточувальному верстаті, обробляючи одночасно обидва отвори, що забезпечує їх співвісність.

Відремонтований поршень повинен задовольняти наступним технічним умовам: овальність і конусність направляючої частини поршня не повинні перевищувати 0,001 діаметру циліндра; овальність отворів під поршневий палець не повинна перевищувати 0,01–0,02 мм для великих агрегатів і 0,003 мм для середніх і дрібних; відхилення від перпендикулярності осі отвору під поршневий палець до вертикальної вісі поршня допускається не більше 0,02 мм на 100 мм довжини.

Ремонт поршневих пальців

Поршневий палець виготовляється або суцільним, або порожнистим, з постійним або змінним діаметром розточування. Установка пальця у бобишках поршня може бути жорсткою або вільною. Переміщення плаваючого пальця обмежується розтискними кільцями або вставками з бронзи і легкого сплаву. При вільній установці, завдяки обертанню, палець зношується рівномірно, зменшується тертя і усувається деформація торця, яка має місце при запресуванні пальця у бобишках поршня.

Різниця вимірювань твердості пальця в різних місцях не повинна перевищувати 5 НВ. Для контролю, за станом поршневого пальця, окрім зовнішнього огляду, роблять виміри в трьох перерізах (по кінцях і в середній частині) в двох взаємно перпендикулярних напрямках (по осі циліндра і перпендикулярно їй).

У поршневих пальців зношується зовнішня поверхня, що сполучається з втулкою шатуна і бобишкою поршня.

При ремонті зношені пальці часто замінюють новими, оскільки трудомісткість їх виготовлення невелика, і приганяють по відновлених отворах в поршні і втулці шатуна. Іноді пальці хромують по зовнішньому діаметру з тим, щоб вони відповідали збільшеному розміру. Якщо поршень замінений новим, виходять з того, що його отвір під поршневий палець має номінальний розмір.

Характеристика дефектів деталей ШПГ, способи їх визначення і усунення

Поршні виготовляють, як правило, з алюмінієвих сплавів АЛ 25, АЛ 10В твердістю НВ 100-130. Їх основними дефектами є знос канавок під поршневі кільця, отворів бобишок під поршневий палець і юбки поршня.

При зносі канавок поршневих кілець по ширині більше 0,2 мм поршень вибраковуюють. Знос отворів у бобишках усувають розгортанням отворів під збільшений палець.

Поршневі пальці виготовляють із сталі 20Х, 12ХНЗА з наступною цементацією або із сталей 40, 45 з наступним загартуванням. Твердість поверхні НРС 56 – 65. Основним дефектом пальців є знос поверхонь спряжень із втулкою верхньої головки шатуна або бобишок поршня.

Відновлення поршневих пальців здійснюється гальванічним нарощуванням (хромуванням, залізненням), пластичним деформуванням (роздаванням) з наступною термічною і механічною обробками.

Шатуни виготовляють із сталей 45Г2, 40Х, 40, 45 з наступним загартуванням і високотемпературним відпусканням до твердості НВ 207-289.

Основними дефектами шатунів є згин і скручування стержня, знос поверхні отвору верхньої і нижньої головок, ; поверхонь рознімання нижньої головки, поверхонь під головку та гайку шатунного болта.

Знос поверхні нижньої головки шатуна усувають шліфуванням площини рознімання кришки з наступним розточуванням нижньої головки. При цьому з кришки знімають шар металу товщиною 0,2–0,3 мм.

При розточуванні відновлюють відстань між осями верхньої і нижньої головок шатуна зміщенням центра розточування втулки. Після розточування внутрішню поверхню втулки розгортають.

Втулки верхньої головки шатуна виготовляють з бронзи різних марок. Основними дефектами втулок є знос внутрішньої поверхні і послаблення посадки у верхній головці шатуна. Відновлення здійснюється пластичним деформуванням (осадженням, розгортанням) або гальванічним нарощуванням (мідненням). Відновлену або нову втулку запресовують у верхню головку шатуна.

Запресовані втулки попередньо розточують з припуском на розгортання 0,025 – 0,050 мм. Ролики і втулки при розгортанні густо змащують дизельним паливом. Овальність і конусність не повинні перевищувати 0,005 мм.

Комплектування деталей ШПГ двигуна

Деталі ШПГ виготовляють з високою точністю. Спряження їх мають малі межі допустимих зазорів, що потребує невеликого поля допуску на виготовлення і економічно недоцільне, тому деталі ШПГ виготовляють з більш широкими допусками і розбивають на три групи. З'єднанням деталей однієї і тієї ж групи (селективне складання) досягають заданих значень зазорів.

Крім того, деталі ШПГ працюють в умовах високих швидкостей і значних знакозмінних навантажень, тому незбалансованість деталей призводить до прискореного аварійного зносу і можливого відказу. Щоб забезпечити динамічну збалансованість кривошипно-шатунного механізму, поршні і шатуни одного комплекту підбирають за масою. Різниця у масі шатунів різних двигунів звичайно допускається в межах 8 – 15 г, а різниця в масі поршнів – 10 г.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись із завданням і оснащенням робочого місця.
2. Визначити та поміряти дефекти деталей ШПГ. Схеми замірів параметрів деталей ШПГ показані на рисунках 3, 4, 5, данні вимірювань занести до таблиць 1, 2, 3.
3. Зробити висновки про стан і умови роботи, рекомендації по ремонту та відновленню.

Дефектація шатуна та поршня

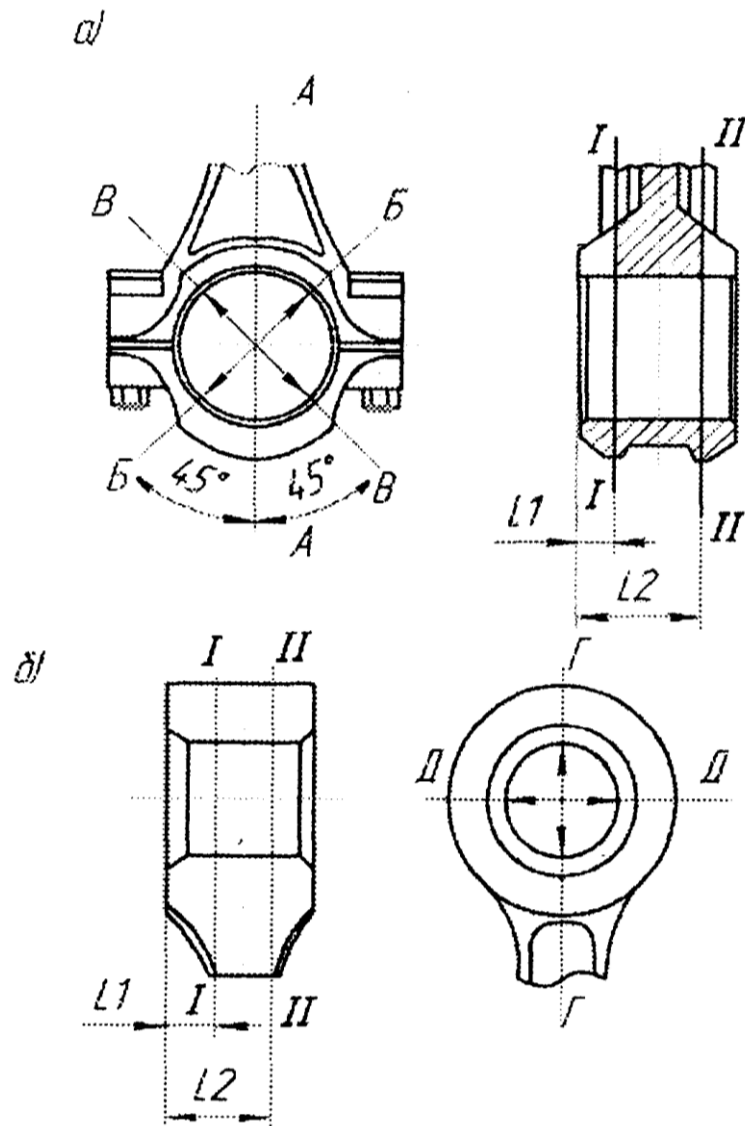


Рис. 3. Схема замірів діаметрів отворів нижньої (а) і верхньої (б) головок шатуна

Таблиця 1

Пояс вимірювань		Значення діаметрів, мм			Овальність	Значення діаметрів, мм		Овальність
		А-А	Б-Б	В-В		Г-Г	Д-Д	
Нижня головка	I-I							
	II-II							
	Конусоподібність							
Верхня головка	I-I							
	II-II							
	Конусоподібність							

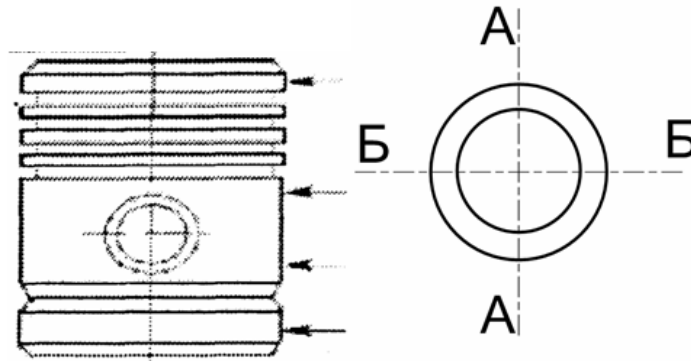


Рис. 4. Схема замірів діаметрів поршня

Таблиця 2

Значення діаметрів, мм			Вид відхилення
D_{cp}	А-А	Б-Б	

Дефектація гільз (блоків) циліндрів двигуна

Вигляд і характер дефектів гільз. Способи їх усунення. У процесі роботи на гільзу діють сили тертя, внутрішні напруження в металі, вібрації, агресивні середовища тощо. Це спричиняє її спрацювання і призводить до порушень суцільності поверхонь (задирки, риски, корозія, кавітаційні руйнування) і механічних пошкоджень (тріщин, обломів, задирів).

Гільзи з тріщинами і відколами вибраковують. Решту перевіряють на герметичність гідравлічним тиском не менше як 0,4 МПа. При зменшенні тиску протягом 3 хв. після подачі рідини гільзи вибраковують.

Таблиця 3

Пояс вимірювань	Значення діаметрів, мм		
	А-А	Б-Б	В-В
І-І			
ІІ-ІІ			
ІІІ-ІІІ			
Конусоподібність			
І-І			
ІІ-ІІ			
Конусоподібність			

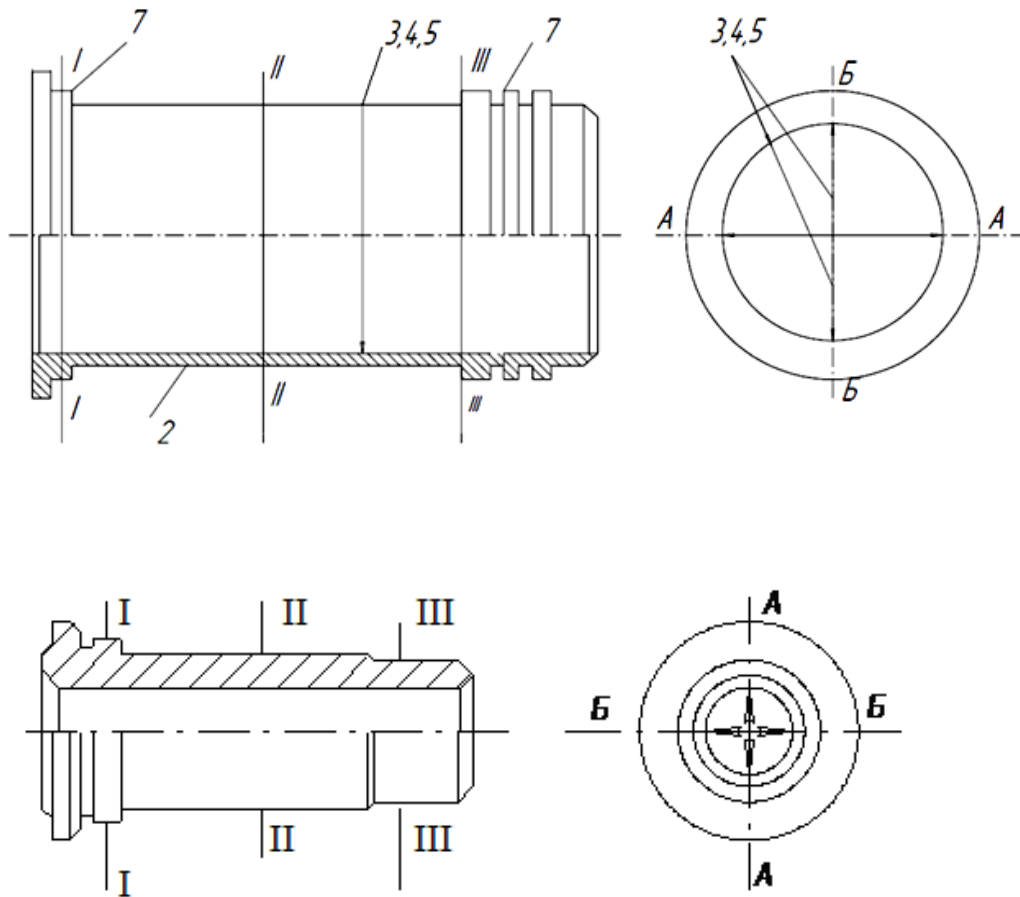


Рис. 5. Вимірювання параметрів гільзи і дефектація (порядкові номери дефектів за таблицями дефектів)

Спрацювання внутрішньої поверхні гільз відновлюють розточуванням з наступним хонінгуванням під ремонтний розмір, дефекти бурта гільз – слюсарно-механічною обробкою, спрацьовані поверхні зовнішніх поясків – нарощуванням (направленням, металізацією) і обробкою до початкового розміру, незначні кавітаційні руйнування – покриттям поверхні синтетичними матеріалами.

Дефекти гільз і технічні умови на дефектацію наведено в табл. 4, схему вимірювань параметрів гільзи – на рис. 5 (тут і далі на рисунках подано порядкові номери дефектів за таблицями дефектів).

Таблиця 4

Дефекти гільз, способи їх виявлення і усунення

Дефект	Спосіб виявлення дефекту. Вимірювальний інструмент	Розміри, мм			Спосіб усунення дефекту
		за кресленням	допустимі без ремонту у спряженні з деталями:		
			що була у користув.	з новою	
1. Тріщини, обломи будь-якого розміру	Зовнішній огляд. Лупа ЛП-14. Стенд для випробування на герметичність	Не допускається	Тиск при випробуваннях (0,4±0,05) МПа протягом 3 хв.	Підтікання води і утворення крапель не допускається	Замінити гільзу
2. Кавітаційне руйнування зовнішньої поверхні	Зовнішній огляд. Лупа ЛП-1-4	Не допускається	Допускаються неглибокі і окремі раковини, які не входять в канавки під ущільнювальні кільця		Замінити гільзу. Зашпарувати пошкоджені ділянки епоксидною композицією
3. Поздовжні риски, смуги, сліди корозії на дзеркальній поверхні циліндра	Зовнішній огляд. Лупа ЛП-1-4	Не допускається			Обробити під ремонтний розмір 145,7 ^{+0,08} мм
4. Спрацювання внутрішньої поверхні	Нутромір НИ 100-160	145 ^{+0,08}	–	145,15	Обробити під ремонтний розмір 145,7 ^{+0,08} мм Замінити гільзу
5. Овальність і конусність внутрішньої поверхні на ділянці довжиною 270 мм, яка розміщена на 27 мм нижче верхнього торця	Нутромір НИ 100-160	0,025	0,03	0,03	Обробити під ремонтний розмір 145,7 ^{+0,08} мм

Дефект	Спосіб виявлення дефекту. Вимірювальний інструмент	Розміри, мм			Спосіб усунення дефекту
		за кресленням	допустимі без ремонту у спряженні з деталями:		
			що була у користув.	з новою	
Гільзи					
6. Спрацювання, вибоїни, вм'ятини нижнього торця опорного буртика	Мікрометр МК 25-2	13,2 ^{+0,07}	13,12	13,12	Проточити торець до розміру 13,12 ^{-0,07} мм Установити ущільнююче додаткове кільце
7. Спрацювання пояска, що спряжується: верхнього нижнього	Мікрометр МК 175-2	172 ^{-0,08} 171,90	171,85 168 ^{-0,08}	167,90 167,85	Насталити (залізнити) і обробити до розміру за кресленням

Контрольні запитання

1. Які деталі шатунно-поршневої групи піддаються ремонту і відновленню і яка технологія їх виконання?
2. Як контролюють і забезпечують паралельність розміщення осей верхньої і нижньої головок шатуна в процесі складання?
3. За якими параметрами комплектують поршні, гільзи і пальці? Як маркують ці деталі?
4. Як визначають пружність поршневих кілець? До чого призводить втрата їх пружності?
5. Які конструктивні елементи гільз і їх дефекти?
6. Як налагодити індикаторний нутромір на базовий розмір?
7. Як визначають спрацювання, овальність і конусність отвору гільзи?
8. Як визначають значення ремонтного розміру для отвору?
9. Які вимоги ставляться до буртика гільзи і чому?

Практична робота №7

ВИВЧЕННЯ ДЕФЕКТІВ ВАЛІВ, ШЕСТЕРЕНЬ, ПІДШИПНИКІВ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН ТА ВПЛИВ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ І НАДІЙНІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Мета роботи. Ознайомитись із обладнанням, приладами, пристроями та інструментом, що застосовуються при вивченні валів, шестерень, підшипників, набути практичних навиків відновлення та ремонту.

Завдання роботи

1. Визначити умови роботи деталей і складальних одиниць.
2. Визначити вид зношування деталей і складальних одиниць.
3. Виявити основні причини зношування.
5. Запропонувати рекомендації щодо зменшення основних параметрів зношування.

Додаткові засоби: деталі, складальні одиниці або їх фрагменти, колишні в експлуатації; штангенінструмент з ноніусним відліком.

Короткі теоретичні відомості

Конструктивно-технологічні характеристики вала, шестерні, підшипників. Перший проміжний вал виготовляється із сталі 35Г2, термооброблений до загальної твердості НВ 255 – 302, на ділянці спряження з шестірнями довжиною 170 мм термооброблений СВЧ на глибину 3-6 мм до твердості HRC 42 – 55.

Основними конструктивними елементами вала є поверхні спряження з підшипниками, шліци для спряження з шестернями, різьба для кріплення підшипників, центрові отвори.

Точність розмірів шийок вала в межах 5 – 7 квалітетів, відхилення форми і розміщення відповідно не більше 0,01 і 0,02 мм.

Шестірня газорозподільного вала двигуна Д-160 виготовляється зі сталі 45Х, зуби термооброблені СВЧ до твердості НРС 46–53.

Основними конструктивними елементами шестірні є зуби великого і малого вінців, спряжувана поверхня отвору під шийку вала, шпоночний паз.

Точність розміру отвору під шийку вала – 6–7 квалітетів, точність розмірів зубів 7-го, 8-го ступенів точності відхилення форми і розмірів розміщення відповідно не більше 0,01 і 0,02 мм.

Основними конструктивними елементами підшипників кочення є зовнішнє і внутрішнє кільце, тіло кочення (кулька, ролик), сепаратор.

Підшипники виготовляються п'яти класів точності – 0, 6, 5, 4 і 2. Для відремонтованих підшипників встановлено три класи – НР, ОР і УР.

Точність підшипників визначається допустимими відхиленнями по внутрішньому і зовнішньому діаметрах ($<H7, h7$), за шириною кільця ($It7$) і величиною радіального зазору ($5p$).

Оскільки кільця підшипників мають незначну товщину і відносно легко деформуються після збирання з валами і корпусами, їх придатність визначається середніми значеннями діаметрів:

$$D_m = \frac{D_{\max} + D_{\min}}{2}, \quad d_m = \frac{d_{\max} + d_{\min}}{2},$$

D_{\max} , d_{\max} – найбільші і D_{\min} , d_{\min} – найменші діаметри зовнішнього і внутрішнього кільця, визначені вимірюванням.

Характер дефектів валів, шестерень, підшипників і способи їх усунення. Вали зазнають дії підвищених статичних і динамічних навантажень, які спричинюють напруження згину і кручення; шліци і шпонки працюють на зминання і протидіють дії тертя ковзання, що призводить до спрацювання поверхонь спряження. Усувають дефекти валів нарощенням поверхонь, а потім механічною обробкою до розмірів за кресленням. Прогин валів ліквідують правкою.

Шестірні, як і вали, навантажені статичними і динамічними силами. Зубчасті передачі працюють в умовах тертя ковзання і кочення, на робочих поверхнях зубів виникають значні контактні напруження і напруження згину. Робочі поверхні зубів можуть мати

механічні пошкодження (тріщини, зломи, забоїни) і спрацьовуються вони по товщині. Зуби із спрацюваннями за межами граничних з механічними пошкодженнями, як правило, не відновлюються.

Спрацювання поверхонь спряження з підшипниками, шліців і шпоночних пазів з шестірнями нарощують і обробляють механічною обробкою до розмірів за кресленням. Шпоночні пази можна відновлювати і під ремонтні розміри.

Підшипники зазнають дії сил тертя, корозії, температури, вібрації, змінних за величиною багаторазових контактних навантажень.

У процесі роботи в підшипниках виникають спрацювання, механічні і корозійні пошкодження тіл кочення, спрацювання поверхонь спряження, збільшуються зазори і нерівномірність обертання.

Вибраковують підшипники через збільшення зазорів (75%), спрацювання поверхонь спряження (21%). Пошкодження робочих поверхонь доріжок і тіл кочення зустрічаються в 11% підшипників, поломки деталей – у 9%.

Браковані підшипники ремонтують на спеціалізованих підприємствах.

Прилад для визначення радіального зазору підшипників кочення (рис. 1) включає в себе підставку 4, притиск 3, пересувну каретку 2 з індикатором годинникового типу 1. Підшипник, що перевіряється, встановлюють на підставці і закріплюють притиском. Стрижень індикатора упирають в зовнішнє кільце підшипника, забезпечуючи натяг. Різниця показань стрілки індикатора при ручному переміщенні в поздовжньому напрямку визначить радіальний зазор.

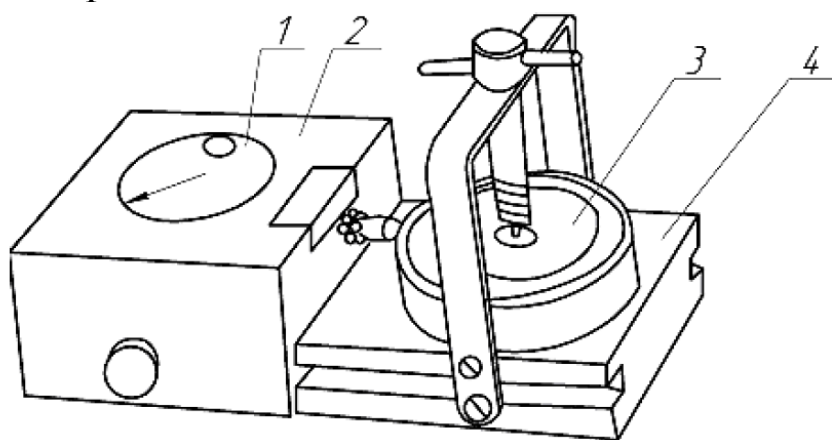


Рис. 1. Прилад для визначення радіального зазору підшипників кочення

Підшипник в зборі перевіряють по радіальному зазору, характеру обертання і станом тіл кочення, зовнішнє і внутрішнє кільця контролюють за розмірами і шорсткості посадочних поверхонь і станом бігових доріжок, номінальний діаметр зовнішнього кільця визначають штангенциркулем, а номінальний розмір отвору по умовному позначенню підшипника. Якщо дійсні значення параметрів підшипників вийшли за межі допустимих, то такі підшипники вибраковуюються.

Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитись з методичними вказівками виконання практичної. Вивчити конструктивно-технологічну характеристику вала, шестірні, підшипників, умови їх роботи, вірогідні дефекти і способи їх усунення.

2. Підготувати вхідні дані для дефектації вала, шестерні, підшипників.

3. Визначити стан вала, шестірні, підшипників.

4. Виміряти спрацювання бокових поверхонь шліців за товщиною і діаметром впадин, спрацювання поверхонь спряження з підшипниками. Зовнішнім оглядом визначити стан різьби.

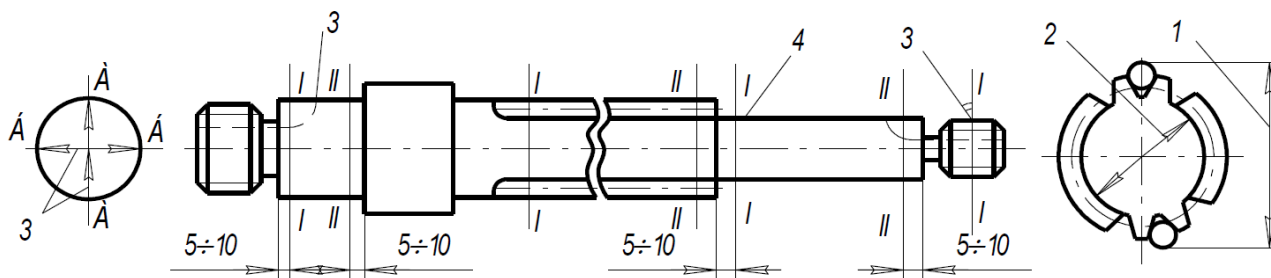


Рис. 2. Вимірювання параметрів вала

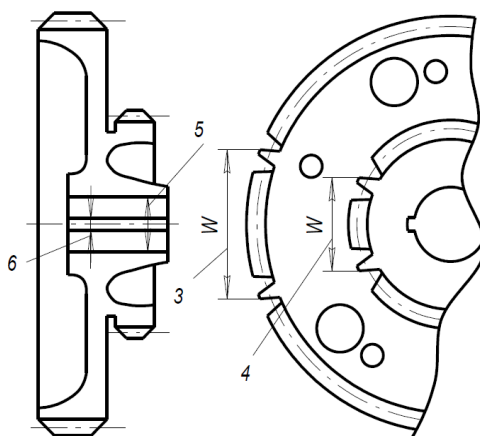


Рис. 3. Вимірювання параметрів шестерні

Дефекти вала, способи їх виявлення і усунення

Дефект	Спосіб виявлення дефекту. Вимірювальний інструмент	Розміри, мм			Спосіб усунення дефекту
		За кресленням	допустимі без ремонту в спряженні з деталями		
			що була у користув.	з новою	
1. Спрацювання бокових поверхонь шліців по товщині	Ролики діаметром 6 мм, Мік-рометр МЗ 75-1	$67.487_{-0.23}^{-0.03}$	66,90	67,12	Наплавити і обробити до розміру за кресленням
2. Спрацювання шліців по діаметру впадин	Мікрометр МК 75-2, ролики зі скосом кромки	$55.5_{-0.01}^{-0.03}$	54,33	55,27	Те саме
3. Спрацювання поверхні під підшипник	Мікрометр МК 75-1	$60_{+0.01}^{+0.03}$	–	60,0	Наплавити і обробити до розміру за кресленням. Відновити електро-механічною обробкою
4. Спрацювання поверхні під підшипник	Мікрометр МК 75-1	$55_{+0.01}^{+0.03}$	–	55,0	Наплавити і обробити до розміру за кресленням. Відновити електро-механічною обробкою
5. Спрацювання різьби або зрив більш ніж двох ниток різьби	Зовнішній огляд. Різьбові кільця	M50 □ 2 h6			Нарізати різьбу ремонтного розміру. Наплавити і обробити до розміру за кресленням

Дефекти шестерень, способи їх виявлення і усунення

Дефект	Спосіб виявлення дефекту. Вимірювальний інструмент	Розміри, мм			Спосіб усунення дефекту
		за кресленням	допустимі без ремонту в спряженні з деталями		
			що була у користув.	з новою	
1. Зломи, тріщини, викришування або шорсткість на робочій поверхні зуба	Зовнішній огляд	Не допускається			Замінити шестірню
2. Забоїни і задирки на робочих поверхнях шестірні	Зовнішній огляд	Не допускається			Ремонтувати механічною обробкою
3. Спрацювання зубів великого вінця ($z = 76$) шестірні по товщині	Мікрометр зубомірний МЗ 100-2 Штангензубомір ШЗ-18	99,89 ^{-0.126} _{-0.231} 99,0 99,0			Замінити шестірню. Допускається наплавлення і обробка до розміру за кресленням
		Вимірювання товщини зуба по постійній хорді S_C виконують на висоті $h_C=2,81$ мм			
		4,51 ^{-0.12} _{-0.26}	4,01	4,1	
4. Спрацювання зубів малого вінця ($z = 56$) шестірні по товщині	Мікрометр зубомірний МЗ 75-2 Штангензубомір ШЗ-18	64,91 ^{-0.051} _{-0.126} 64,0 64,0			Те саме
		Вимірювання товщини зуба по постійній хорді S_C виконують на висоті $h_C=3,68$			
		5,89 ^{-0.15} _{-0.35}	5,39	5,5	
5. Спрацювання поверхні отвору під вал	Нутромір НИ 18-50	45 ^{+0.025}	45,06	45,04	Озалізнити і обробити до розміру за кресленням
6. Спрацювання шпонкового паза шестірні по ширині	Міри кінцеві З-НИ	10 ^{+0.075} _{+0.020}	10,13	10,13	Обробити шпонковий паз до ремонтного розміру 10 ^{+0.098} _{+0.040}

Дефекти підшипників, способи їх виявлення і усунення

Дефект	Спосіб виявлення дефекту. Вимірювальний інструмент	Розміри, мм		Спосіб усунення дефекту
		За кресленням	допустимі без ремонту в спряженні з деталями	
			що була у користув.	
1. Тріщини, викришування металів на кільцях і тілах кочення, кольори мінливості: вибоїни, відбитки (лунки) на бігових доріжках кілець; корозія, лущення металів, лускоподібні відшарування, раковини, глибокі риски на бігових доріжках і тілах кочення; надломи, тріщини на сепараторі, відсутність, або послаблення заклепок сепаратора; вибоїни і вм'ятини на сепараторі, які перешкоджають плавному обертанню кілець	Зовнішній огляд. Лупа ЛП-1-4	Не допускається Допускається: подряпини і риски на спряжених поверхнях кілець; вибоїни і вм'ятини на сепараторі, які не перешкоджають плавному обертанню кілець; матова поверхня бігових доріжок кілець і тіл кочення		Замінити підшипник
2. Шум і заїдання при відносному обертанні кілець	Випробування	Деренчливий звук свідчить про зіпсованість підшипника. Зовнішнє кільце відносно внутрішнього повинно обертатися легко, без заїдань, зупинятися плавно, без ривків і стуків. При обертанні повинен бути глухий, шипучий звук (перед контролем підшипник занурюють в 10 % розчин моторного масла в бензині)		Замінити підшипник
3. Спрацювання бігових доріжок і тіл кочення	Пристрій для визначення зазорів	Значення радіальних зазорів у радіальних однорядних кулькових підшипниках		Замінити підшипник

Дефект	Спосіб виявлення дефекту. Вимірювальний інструмент	Розміри, мм				Спосіб усунення дефекту
		За кресленням	допустимі без ремонту в спряженні з деталями			
			що була у користув.	з новою		
		Діаметр внутрішнього кільця, мм	Зазор S_p , мкм		Величина контрольного зусилля, Н	
			Найменший/найбільший	Допустимий		
		18-30	10/24	70	50	
		30-40	12/26	80	100	
		40-50	12/29	90	100	
		50-65	13/33	100	150	
		65-80	14/34	110	150	
		80-100	16/40	120	150	
		Радіальний зазор підшипників вимірюють в трьох положеннях через 120°				Замінити підшипник
4. Спрацювання поверхні спряження зовнішнього кільця	Мікрометри МК 75-2, МК 100-2, МК 125-2, МК 150-2	Відхилення розмірів під підшипник кочення			Замінити підшипник	
5. Спрацювання поверхні спряження внутрішнього кільця	Нутроміри НИ 18-50 НИ 50-100 НИ 100-160	Діаметр, ширина внутрішн. і зовнішнього кільця, мм	Нижнє допустиме відхилення, мкм			
			d_m	D_m		B
		18-30	-10/ +10	-9/ -18	-120/ -240	Замінити підшипник. Розміри кільця вимірюють при наявності на спряжуваних поверхнях слідів зсуву
		30-50	-12/ +12	-11/ -22	-120/ -240	
		50-80	-15/ +15	-13/ -26	-150/ -300	
		80-120	-20/ +20	-15/ -30	-200/ -400	
		120-150	-25/ +25	-18/ -36	-250/ -500	

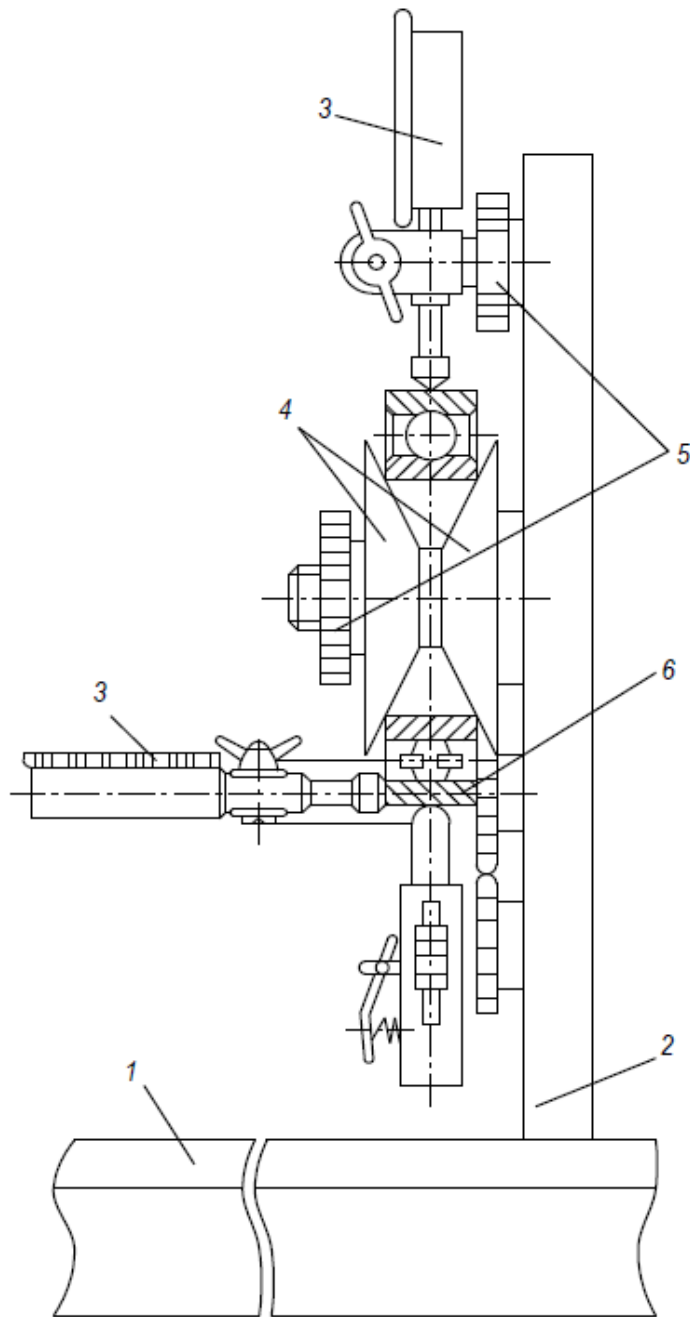


Рис. 4. Вимірювання зазорів шарикопідшипників на пристрої: 1 - плита; 2 - стояк; 3 - індикаторна головка; 4 - затискні конуси; 5 - затискна гайка; 6 - контрольований підшипник.

6. Зовнішнім оглядом виявити зломи, тріщини, викришування, шорсткості, забоїни і задирки на робочих поверхнях зубів, робочих поверхнях шестірні

7. Визначити спрацювання поверхні отвору під шийку вала і ширину шпонкового паза в двох поясах

Таблиця 4

Результати вимірювань вала

Пояс вимірювання	Площина вимірювання	Елементи, мм			
		шийка		шліци	
		передня	задня	діаметр впадин	бокові поверхні
I-I	A – A B – B				
II-II	A – A B – B				

Таблиця 5

Результати вимірювань шестірні

Пояс вимірювання	Елементи, мм							
	Отвір під підшипник		Шпонковий паз	Точки вимірювань	Зуби			
					Великий вінець (z = 76)		Малий вінець (z = 56)	
	A-A	B-B			W	S _c	W	S _c
I-I						0°		
II-II				120° 240°				

Таблиця 6

Результати вимірювань підшипника

Точки вимірів	Кільця, мм			Зазор, мкм	
	D	d	B	радіальний	осьовий
0°					
120°					
240°					
Середні значення					

8. Виміряти ширину і діаметри зовнішнього і внутрішнього кілець підшипника в трьох місцях через 120° і обчислити середні діаметри кілець за формулами

$$D_m = \frac{D_{\max} + D_{\min}}{2}, \quad d_m = \frac{d_{\max} + d_{\min}}{2}. \quad (2).$$

9. Захист результатів роботи. Звіт роботи здати викладачеві. Під час захисту студент повинен пояснити і обґрунтувати розрахунки, прийняті технологічні рішення, знати головні характеристики обладнання та інструменту, послідовність виконання роботи.

Контрольні питання

1. Назвати конструктивні елементи вала, шестерні, підшипника та їх імовірні дефекти?
2. Як визначають спрацювання бокових поверхонь шліців і впадин шліців?
3. Назвати механічні пошкодження робочих поверхонь шестірни?
4. Як визначають спрацювання робочих поверхонь зубів?
5. При яких дефектах підшипники вибраковують?
6. Як визначають спрацювання бігових доріжок і тіл кочення у підшипника?
7. Як визначають відхилення форми підшипників кочення?

Практична робота №8
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ПОВЕРХНІ
ДЕТАЛЕЙ МАШИН.
ВПЛИВ ЗАБРУДНЕННЯ НА НАДІЙНІСТЬ І
ДОВГОВІЧНІСТЬ ТИПОВИХ ДЕТАЛЕЙ
ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Мета роботи. Визначення видів забруднення типових деталей машин. Набуття практичних навичок очищення і підготовки поверхні деталей машин під нанесення покриття.

Завдання роботи

1. Визначити умови роботи деталей і складальних одиниць.
2. Визначити вид і основні причини забруднення деталей і складальних одиниць.
3. Запропонувати рекомендації щодо очищення деталей і складальних одиниць.

Додаткові засоби: деталі, складальні одиниці або їх фрагменти, колишні в експлуатації, збільшувальне скло.

Короткі теоретичні відомості

Очищення деталей від забруднень є специфічною операцією ремонтного виробництва.

Організація і технологія мийно-очисних робіт залежить від типу підприємства, його виробничої програми, виду забруднень, об'єкта миття.

Досвід роботи ремонтних підприємств показує, що найбільш раціональною формою організації мийно-очисних робіт є багатостадійне миття з використанням спеціальних способів очищення відповідальних деталей.

Основні види забруднень деталей машин та способи їх очищення наведені в табл. 1.

Види забруднень деталей машин та способи їх очищення

Вид забруднень	Спосіб очищення
1. Дорожньо-грунтові забруднення	У розчинах миючих засобів
2. Залишки мастильних матеріалів	У розчинах синтетичних миючих засобів (СМЗ)
3. Асфальто-смолисті відкладення	У розчинно-емульсійних засобах, доочищення механізованими Інструментами в барабанах (галтування)
4. Вуглецеві відкладення: нагар, лакові	Аналогічно
5. Неорганічні: нагар, накип. Продукти корозії	У розплаві солей, кислотних розчинах, піском, механічне очищення. Розчини КИСЛОТ
6. Старі лакофарбові покриття	У розчинах лужних засобів і за допомогою змивання.

Лужні миючі засоби представляють собою водяні розчини неорганічний лужних солей Na_2CO_3 (кальцинована сода), NaOH (каустична сода), а також солі кремнієвої кислоти (силікати). Введення силікатів до складу миючого засобу різко підвищує лужність середовища, а також сприяє кращому спінюванню розчину. Найбільш широке застосування має силікат натрію (рідке скло) і метил силікат натрію (більш лужний).

Каустична сода NaOH (їдкий натрій) довгий час був основний компонентом миючих засобів, у зв'язку з його здатністю обмилювати жири. Однак він токсичний і викликає корозію кольорових металів і сплавів (особливо алюмінію). Для зниження корозійної активності в розчин NaOH додають інгібітори корозії, силікати й ін. добавки.

Сучасні СМЗ представляють багатокомпонентні суміші хімічних речовин, серед яких найбільше значення мають ПАР і активні добавки (електроліти). ПАР по механізму дії розділяються на іонічні і неіонічні. Іонічні у водяних розчинах дисоціюють на іони. У свою чергу іонічні ПАР підрозділяються на аніонні і катіонні. Молекули аніонних ПАР дисоціюють з утворенням неактивних катіонів (водень або метал) і поверхнево-активних аніонів (вуглеводневі ланцюги). У катіонних ПАР поверхневу

активність виявляють катіони. Цю групу речовин складають солі ароматичних речовин і інші азотовмісні з'єднання.

Тривалість очищення за допомогою таких препаратів як Лабомід, МЛ, МС, Темп складає 10-25 хв. Ці препарати за рахунок інгібіруючого ефекту знижують швидкість корозії від 10 до 20 разів у залежності від температури.

Для підвищення якості і продуктивності очищення, особливо на підприємствах з обмеженими джерелами теплопостачання рекомендується застосовувати РЕЗ. РЕЗ застосовують переважно на проміжних стадіях при помірних температурах 20-50 0С. Попередні й остаточні стадії очищення здійснюють СМЗ.

Для видалення старої фарби застосовують СД, АФТ-1, що проникають у стару фарбу, у результаті чого фарба набухає і розм'якшується.

Для виконання очисних і миючих операцій існує комплекс устаткування для миття різного призначення. За принципом дії розрізняють струменеві, зовнішні, моніторні, комбіновані, циркуляційні і спеціальні машини.

Знежирення деталей з використанням ультразвуку

В процесі знежирення, з поверхні деталі видаляються забруднення у виді жирів, консерваційних змащень, залишків полірувальних паст, абразивів і т.п. за рахунок руйнування їх адгезійних зв'язків з основним металом.

Використання ультразвукового випромінювання в процесі знежирення дозволяє досягти високої якості очищення поверхні від усіх видів забруднень.

Переваги цього способу:

- велика швидкість очищення;
- можливість використання різних середовищ, що очищують, при кімнатних температурах;
- здатність очищувати деталі складної геометричної форми і невеликих розмірів;
- мала енергоємність процесу;
- можливість механізації й автоматизації процесу.

Особливістю високоенергетичних ультразвукових коливань, є можливість фокусування енергії на порівняно невелику площу робочої зони.

Поширення високоенергетичних коливань у рідких середовищах супроводжується такими ефектами як кавітація, акустичний потік, радіаційний тиск. Головним фактором, що руйнує забруднення, є кавітація, що, виявляється в утворенні звукової хвилі, дрібних пухирців (діаметром 10 – 100 мкм), заповнених парами середовища, що очищує. Після короткочасного існування (10 – 15 мкс), частина пухирців захоплюється, створюючи локальні гідравлічні удари, тиском у десятки мегапаскалей, під дією яких відбувається руйнування забруднень.

Інша частина пухирців під дією акустичних потоків інтенсивно пульсує і перемішується разом з гідродинамічними потоками, сприяючи інтенсифікації очищення.

Ефективність ультразвукового очищення здійснюється питомою акустичною потужністю, частотою коливань, складом середовища, що очищує.

Інтенсивність знежирення зменшується з підвищенням частоти коливань. При частоті 20 – 25 кГц високий тиск поширюється на відстань 7–8 см від джерела випромінювань і в цій зоні процес очищення йде більш ефективно. З підвищенням частоти коливань зона високого тиску розширюється до 10 – 15 см, але інтенсивність очищення знижується через низьку амплітуду коливань.

Оптимальний режим знежирення:

частота 20...40 кГц;

питома потужність 1...3 Вт/см;

температура розчину 40...60°C;

тривалість 1...5 хв.

Для знежирення з використанням ультразвуку застосовують спеціальні установки, що включають ванну та ультразвуковий генератор. Сутність одержання ультразвукових коливань у розчині полягає в перетворенні змінного струму високої частоти в механічні коливання середовища. Найбільш широке поширення одержали два типи перетворювачів: магнітострикційні і п'єзоелектричні.

Принцип дії магнітострикційних перетворювачів оснований на магнітострикційному ефекті: періодичній зміні лінійних і об'ємних розмірів феромагнітного тіла під дією магнітного поля.

Принцип дії п'єзоелектричних перетворювачів оснований на використанні п'єзоелектричного ефекту: деформації деяких кристалів (кварц, титанат барію) при впливі на них зовнішнього електричного поля.

Очищення деталей за допомогою електроімпульсної обробки

Технологія електроімпульсної обробки виробів являє собою екологічно чистий і замкнутий процес обробки без шкідливих стоків. Процес відбувається в шарі холодної плазми, товщиною 0,25...0,5 мм, що формується на поверхні виробу з компонентів електроліту і який вміщує іони і радикали у вільному стані. Електроліт, який являє собою водяний соляний розчин, що не містить солей важких металів і екологічно шкідливих компонентів.

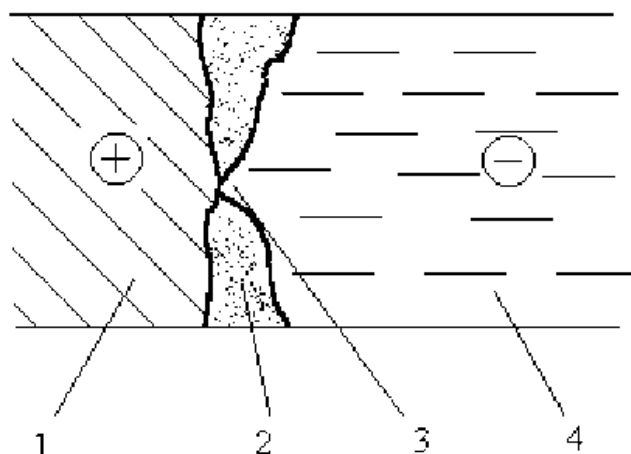


Рис. 1. Електрогідродинамічна модель електроімпульсного очищення

Електроімпульсне очищення можна представити у вигляді спрощеної плоскої електрогідродинамічної моделі, яку наведено на рис. 1. Поверхня деталі (анод) 1 відділена від електроліту 4 парогазовою оболонкою 2, котра виникає внаслідок інтенсивного протікання електролітичних процесів та закипання електроліту під дією високої напруги та значної щільності струму. Напруженість електричного поля в парогазовій оболонці визначається за формулою:

$$E = U/I \quad (1).$$

де U – падіння напруги в парогазовій оболонці

За допомогою електростатичної сили електроліт втягується в парогазову оболонку з утворенням мікроскопічних рідких електролітних містків Z , які замикають поверхню деталі з поверхнею електроліту. При замиканні виділяється значна кількість теплової енергії у відповідності з законом Джоуля Ленца, що приводить до "вибуху" мостиків і руйнуванню поверхні деталі під дією ударної хвилі. Крім того, іони, які знаходяться в парогазовій оболонці, бомбардують поверхню анода з енергією близько 2,5–40 eV, внаслідок чого відбувається процес розпилення поверхневих шарів, який супроводжується іскровими розрядами, що також сприяє очищенню поверхні. В якості електроліту використовується водний розчин NaCl, NH₄Cl з концентрацією 30 г/л. Обробка ведеться при температурі 20°C і струмі 1...5 А. Солі NaCl та NH₄Cl, що входять до електроліту мають не обмежену розчинність у воді і добре дисоціюють. Наявність в електроліті атомів Cl⁻ чинить не руйнуючий вплив на оксидні плівки поверхневих шарів деталей.

Використовуючи дану технологію, можна робити зняття завусениць, іржі, окисних плівок, залишків шліфувальних паст, округлення гострих крайок на виробах складної конфігурації зі сталей різних марок, міді і її сплавів, а також полірування виробів. При обробці виробів зі сталі 12X18H9T, що мають до обробки поверхню 6 – 7 класу чистоти, протягом 5 хв. формується поверхня 10 – 11 класу чистоти. Зменшення лінійних розмірів виробів у процесі обробки складає в середньому 3 мкм/хв. і залежить від природи матеріалу і температури обробки.

Таким чином, висока продуктивність процесу, успішне видалення забруднень як органічного, так і мінерального без додаткового силового впливу на вироби, забезпечує значні переваги електроімпульсного очищення у порівнянні з іншими методами.

Критерієм оцінки чистоти поверхні слугує відсутність окремих видимих острівців оксидної поверхні.

Електричну схему установки для очищення наведено на рисунку 2.

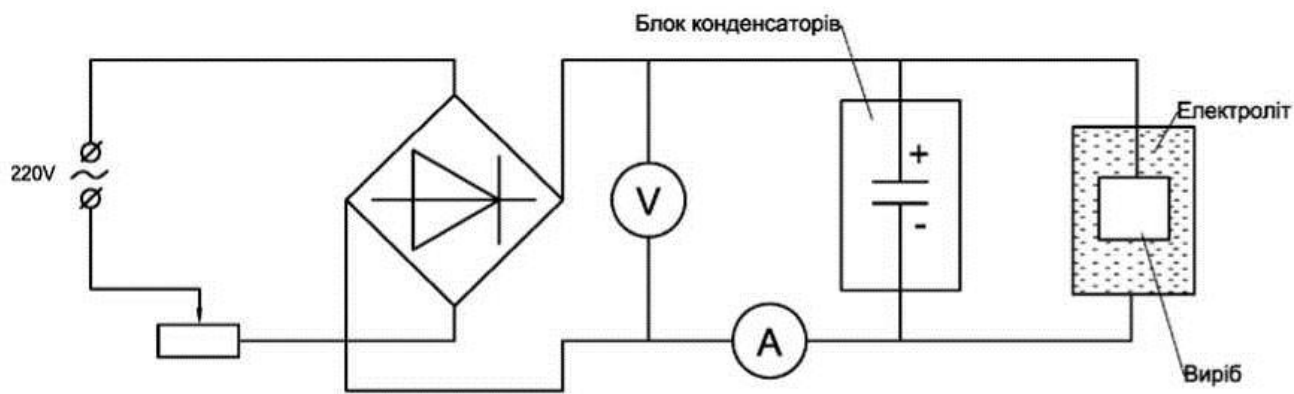


Рис. 2. Схема електрична для електроімпульсного очищення Технічні характеристики:

- споживана потужність – 10...15 Вт на 1 см² оброблюваної поверхні;
- тривалість обробки – 0,5...5 хв.;
- електроліт – водяний соляний розчин (30 г/л NaCl);
- щільність струму – 0,05...0,15 А / см²;
- робоча температура електроліту – 60...95°С.

Порядок виконання роботи

Ознайомитись з оснащенням і схемою електроімпульсного очищення;

Встановити технологічні параметри процесу очищення.

Контрольні питання

1. Які існують види забруднень деталей машин?
2. Яка сутність процесу ультразвукового очищення?
3. Назвіть основні переваги ультразвукового способу очищення?
4. Яка сутність електроімпульсного очищення?
5. Які розчини використовуються в якості електроліту і чому саме?
6. Назвіть основні переваги процесу електроімпульсного очищення.

Практична робота №9
ЗАГАЛЬНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМОБІЛЯ
ОРГАНІЗАЦІЯ І ТЕХНОЛОГІЯ ПРОВЕДЕННЯ
ЕТО, ЩТО, ТО-1, ТО-2
ТА ВПЛИВ НА НАДІЙНІСТЬ
І ДОВГОВІЧНІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Мета роботи: вивчення діагностичних приладів та методики проведення діагностування автомобілів при Д-1 та Д-2.

Завдання роботи

1. Визначити умови роботи автомобіля.
2. Вивчити діагностування автомобіля організація і технологія проведення ЕТО, ЩТО, ТО-1, ТО-2.
3. Вибрати транспортний засіб і провести діагностування.

Додаткові засоби: транспортний засіб, діагностична карта.

Короткі теоретичні відомості

Діагностування – технологічний елемент профілактики і ремонту, основний метод виконання контрольних робіт. Специфічною властивістю, якою діагностика відрізняється від звичайного визначення технічного стану, є, передусім, виявлення несправностей без розбирання. Основним документом для організації технічного діагностування при експлуатації і ремонті автомобіля є "Інструкція для експлуатації" або "Інструкція для технічного обслуговування автомобілів і машин, що монтуються на їхній базі".

Діагностична карта призначена для реєстрації результатів діагностування в усіх випадках діагностування і прийняття рішення про необхідні роботи при ТО і ремонті автомобіля. Діагностична

карта є вихідним документом при виконанні накопичувальної карти в усіх випадках діагностування.

У АТП розрізняють такі види діагностування рухомого складу: загальне діагностування Д-1 з періодичністю ТО-1 (як частину його обсягу), призначене головним чином для механізмів, які гарантують безпеку руху (ГБР); поглиблене діагностування Д-2, яке роблять за один – два дні до ТО-2 для виявлення потреби в ремонті агрегатів автомобіля та причин зниження потужності двигуна й економічних показників. Крім того, засоби Д-1 застосовують для заключної діагностики механізмів ГБР автомобіля після ТО-2 і поточного ремонту (ПР), засоби Д-2 – для уточнення потреби у великому ПР та перевірки якості його виконання.

Система технічного обслуговування (надалі система ТО) – це комплекс планомірно здійснених операцій і технічних засобів по обслуговуванню машин, що забезпечують нормальний технічний стан та готовність до роботи.

ЕТО – експлуатаційна технічна обкатка. При підготовці до експлуатаційної технічної обкатки повинні бути виконані такі операції: автомобіль оглядають і очищають від пилу і бруду; видаляють консерваційні мастила; оглядають і готують до роботи акумулятори; перевіряють рівень мастила в складових частинах, обладнаних пристроєм для перевірки, і, за необхідності, дозаправляють мастилом; змащують за допомогою прес-маслянок складові частини; перевіряють і, за необхідності, підгинають зовнішні різьбові й інші з'єднання автомобіля, регулюють натяг пасів, механізми керування, тиск повітря в шинах; заправляють відповідно охолоджуючою рідиною і паливом системи; прослуховують двигун; перевіряють візуально показання контрольних приладів на відповідність встановленим нормам. Перевіряють працездатність рульового керування, систем освітлення і сигналізації, склоочисників і гальм непрацюючому дизелі. Виявлені несправності повинні бути усунені.

ЩТО – щоденне технічне обслуговування. При проведенні ЩТО перевіряють зовнішній стан автомобіля і його комплектність; кріплення складових частин; відсутність течі мастила, палива, води і електроліту, а також їх рівень в ємкостях; тривалість запуску двигуна і його роботу на мінімальній і максимальній частоті

обертання колінчастого вала; тривалість обертання турбокомпресора і ротора відцентрового маслоочисника при вимкненому двигуні (на слух); роботу контрольно-вимірювальних приладів, освітлення, світлової і звукової сигналізації, склоочисника, механізмів керування гальмами, гідросистемою, муфтою зчеплення і коробкою передач; стан шин.

Нижче представлено порядок виконання діагностичних робіт при ТО-1

1. Перевірити стан складових частин автомобіля зовнішнім оглядом.

2. Оглянути герметичність з'єднань систем змащування, живлення і охолодження двигуна, а також кріплення обладнання та приладів.

3. Перевірити кріплення двигуна та деталей випускного тракту.

4. Перевірити стан та натяг привідних пасів.

5. Перевірити працездатність зчеплення і герметичність системи гідроприводу. Перевірити вільний хід педалі.

6. Перевірити кріплення коробки передач та дію механізму перемикання передач на нерухомому автомобілі.

7. Перевірити люфт у шарнірах та шліцевих з'єднаннях карданної передачі, кріплення його складових частин.

8. Перевірити кріплення деталей і герметичність з'єднань заднього мосту.

9. Перевірити кріплення і шплінтовку деталей рульового керування і герметичність з'єднань системи підсилювача рульового керування" люфт рульового колеса і шарнірів рульових тяг.

10. Перевірити працездатність компресора і гальмової системи, кріплення і герметичність трубопроводів та приладів.

11. Перевірити справність приводу і дію стоянкових гальм.

12. Перевірити оглядом стан рами, вузлів і деталей підвіски та інших деталей і пристроїв, які встановлені на рамі, кріплення коліс, стан ший та тиск повітря в них. У разі потреби довести тиск до норми.

13. Перевірити стан кузова, дію замків, завісів і ручок дверей.

14. Перевірити стан приладів системи живлення, їх кріплення і герметичність з'єднань, вміст оксиду вуглецю і вуглеводнів у відпрацьованих газах бензинових двигунів, у дизелях – рівень задимленості.

15. Перевірити кріплення і надійність контактів електричних з'єднань акумуляторної батареї. Перевірити рівень електроліту.

16. Перевірити дію звукового сигналу, електричних ламп, контрольно-вимірювальних приладів, фар, підфарників, задніх ліхтарів, стоп-сигналу та перемикача світла. У зимовий період перевірити стан електрообладнання системи опалення та пускового підігрівника.

17. Перевірити кріплення генератора, стартера та стан контактів електричних з'єднань, стан переривника-розподільника.

18. Перевірити надійність кріплення, стан і правильність пломбування спідометра і його приводу відповідно до чинної інструкції.

Порядок виконання діагностичних робіт при ТО-2 представлено нижче

1. Провести всі діагностичні роботи при ТО-1 автомобілів.

2. Перевірити кріплення головок циліндрів двигуна, стан і кріплення опор двигуна, піддона картера двигуна, регулятора частоти обертання колінчастого вала.

3. Оглянути кріплення, стан і герметичність картера зчеплення і коробки передач.

4. Оглянути задній міст: правильність встановлення (без перекосу), стан і кріплення редуктора та колісних передач, стан і правильність установки балки передньої вісі, кути установки передніх коліс.

5. В автомобілях з гідравлічним приводом гальм перевірити дію підсилювача та хід педалі.

6. Перевірити герметичність амортизаторів, стан і кріплення їх втулок, стан колісних дисків.

7. Перевірити кріплення і герметичність паливного бака, трубопроводів, паливного насоса і карбюратора, дію приводу, повноту відкриття і закриття дросельної і повітряної заслінок.

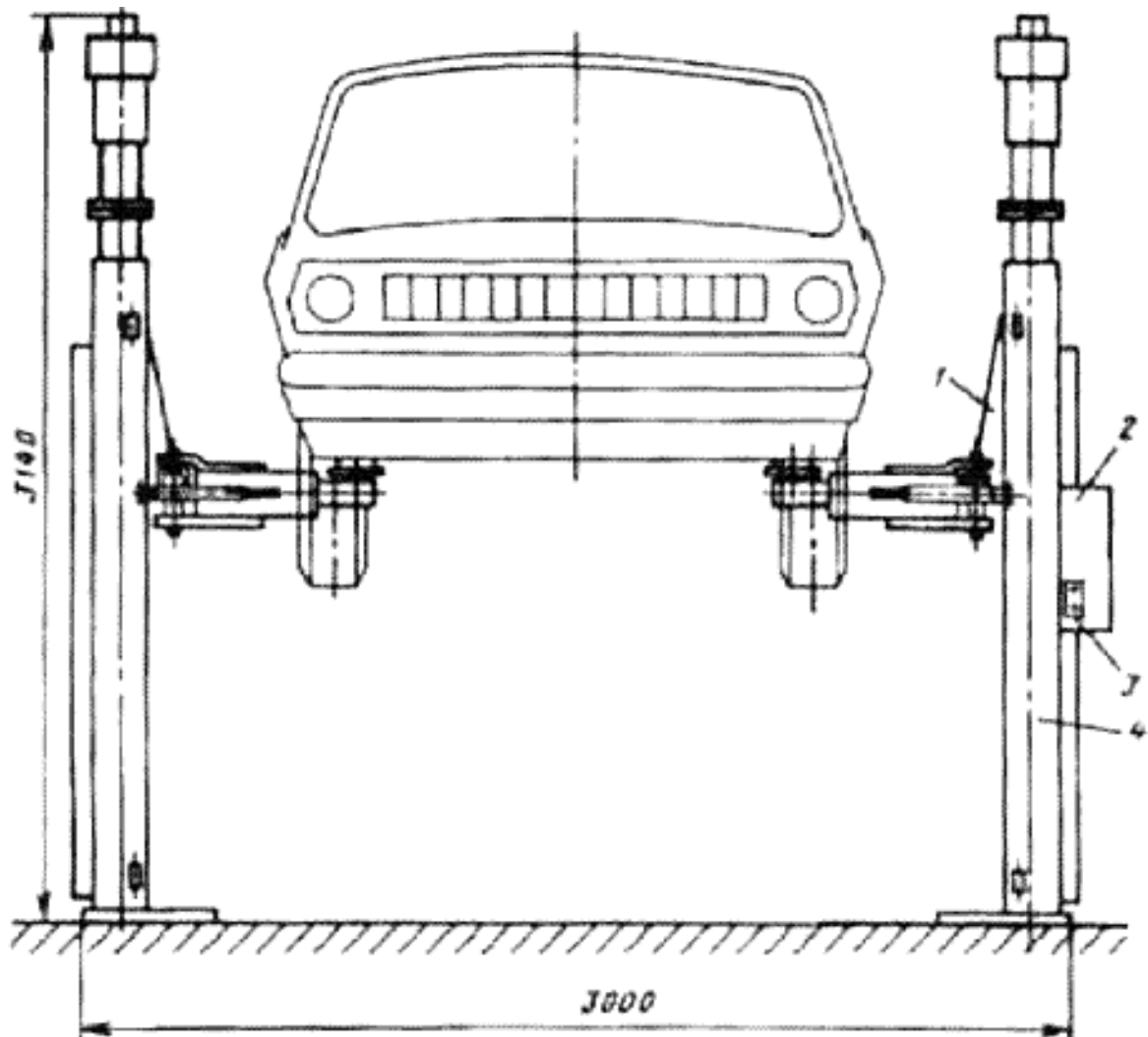
8. У карбюраторних двигунах перевірити рівень палива в поплавковій камері, легкість пуску і роботу двигуна.

9. Перевірити роботу дизеля, справність паливного насоса високого тиску, регулятора частоти обертання колінчастого вала.

10.Перевірити зовнішнім оглядом і за допомогою приладів стан акумуляторної батареї, її кріплення, дію вимикача акумуляторної батареї та стан і кріплення електричних провідників.

Будова та принцип роботи електро-механічного підйомника

Підйомник (рис. 1) складається із стійок , що мають індивідуальні приводи. Керування підйомником здійснюється від кнопкової станції, змонтованою на апаратній шафі.



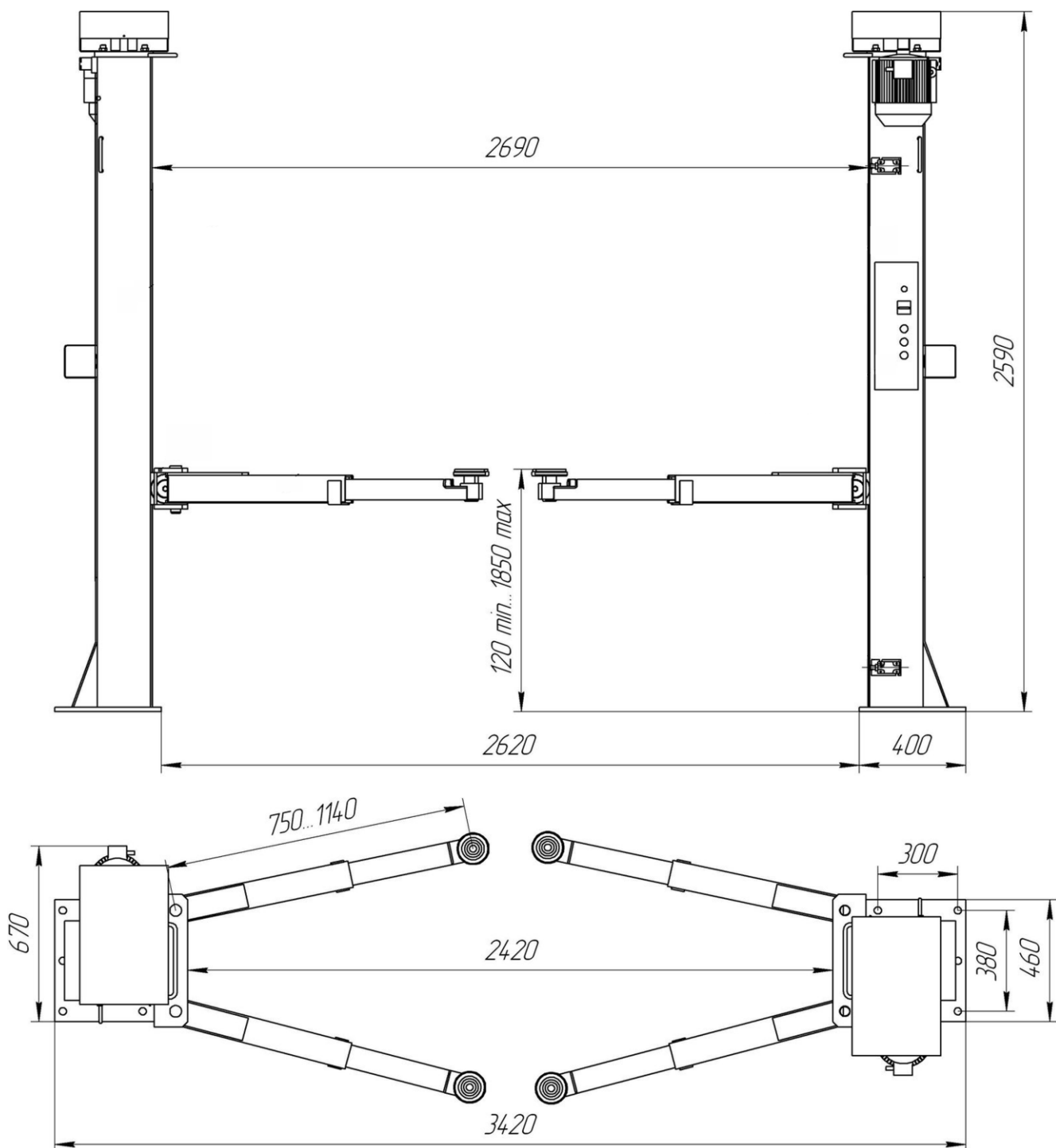


Рис. 1. Підйомник двостійковий, електро-механічний:
 1 - електро-механічний привод; 2 - пульт керування; 3 - балка;
 4 - стійка

Стойка виготовлена з суцільнометалевого С-подібного профілю. По внутрішній поверхні стійки переміщається каретка. Каретка спирається на вантажну гайку. Вантажний гвинт підвішений на плиті і через еластичну муфту сполучений з мотор-

редуктором. Під вантажною гайкою із зазором 16–18 мм по вантажному гвинту переміщається страхувальна гайка, на яку навантаження не діє. Гайка призначена для механічної страховки від випадків зносу і обриву вантажної гайки і дозволяє тільки опустити каретку в крайнє нижнє положення. На страхувальній гайці шарнірно закріплена скоба.

Порядок виконання практичної роботи

1. Ознайомитися з будовою та принципом роботи підйомника.
2. Провести діагностування автомобіля згідно з переліком операцій.
3. Заповнити карту моторної діагностики.
4. Зробити висновок про технічний стан автомобіля.

Контрольні запитання

1. В яких зонах проводять роботи по Д-1 та Д-2?
2. Принцип роботи та будова електро-механічного підйомника?
3. Назвіть основні документи для організації технічного діагностування при експлуатації і ремонті автомобіля?
4. Назвіть види діагностичних карт?

Завдання: вибрати автомобіль та заповнити карту моторної діагностики, зробити висновок про стан надійності і довговічності автомобіля.

КАРТА МОТОРНОЇ ДІАГНОСТИКИ

№ з/п	Діагностичний параметр	Нормативне значення параметру	Фактичне значення параметру	Висновок
1	Загальний огляд			
1.1	Рівень масла у двигуні, рідини у системі охолодження, у бачку насоса підсилювача руля, електроліту у акумуляторі	Поблизу відмітки "МАХ"		
1.2	Відсутність підтікань робочих рідин	За висновком діагноста		
1.3	Натяг приводних ременів	Згідно паспортних даних		
1.4	Стан повітряного фільтру	За висновком діагноста		
2	Діагностика системи запалення			
2.1	Кут випередження запалення, град.	Згідно паспортних даних		
2.2.1	Кут замкнутого стану переривача, град.			
2.2.2	Кут накоплення енергії (БЗС), град.			
2.3	Асинхронізм іскроутворення, град.	Не більше 2°		
2.4	Максимальна напруга котушки запалення, кВ			
	– контактна система запалення – безконтактна система запалення	4 – 12 10 – 25		
2.5	Перевірка центробіжного регулятора кута випередження запалення	За висновком діагноста		
2.6	Перевірка вакуумного регулятора кута випередження запалення			
3	Перевірка роботи генератора та регулятора напруги при 2500 об/хв.			
3.1	Без навантаження, В	13,8 – 14,2		
3.2	Увімкнено дальнє світло, підігрів заднього скла, вентилятор обігрівача, В	13,2 – 13,8		

№ з/п	Діагностичний параметр	Нормативне значення параметру	Фактичне значення параметру	Висновок
4	Перевірка паливної системи			
4.1	Обороти холостого ходу	Згідно паспортних даних		
4.2	Вміст шкідливих речовин у вихлопних газах, %			
	СО	1,5	2,0	
	СН	3000	1000	
4.3	Димність вихлопу, %			
	– без наддуву	40	15	
	– з наддувом	50	15	
4.4	Тиск палива, МПа			
	– механічне впорскування	0,53 – 0,63		
	– електронне центральне впорскування	0,1 – 0,13		
	– електронне розподільне впорскування	0,25 – 0,4		
5	Перевірка стану двигуна			
5.1	Відсутність сторонніх шумів та стуків	За висновком діагноста		
5.2	Тест порівняння циліндрів методом відносної компресії	Різниця по циліндрах не більше 25%		
5.3	Тест порівняння циліндрів методом балансу потужності	За висновком діагноста		
5.4	Абсолютна компресія, МПа	Не менше 1,0 МПа при різниці по циліндрах не більше 0,1 МПа		
	1-й циліндр			
	2-й циліндр			
	3-й циліндр			
	4-й циліндр			
5.5	Перевірка герметичності циліндрів стисненим повітрям	За висновком діагноста		
5.6	Перевірка приводу ГРМ			
5.6.1	Стан ременя (ланцюга)	За висновком діагноста		
5.6.2	Натяг ременя (ланцюга)	Згідно паспортних даних		
5.6.3	Відповідність встановочних міток ГРМ	Згідно паспортних даних		
5.6.4	Зазори клапанів	Згідно паспортних даних		

Практична робота № 10

ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗРОЗБІРНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ПОКАЗНИКИ НАДІЙНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Мета роботи: вивчити механізм дії, технологічне призначення та вплив присадок та добавок до мастильних матеріалів на надійність і довговічність деталей транспортних машин.

Завдання роботи

1. Визначити умови роботи деталей і складальних одиниць та види зношування.
2. Запропонувати рекомендації щодо зменшення основних параметрів зношування із застосуванням присадок та добавок до мастильних матеріалів.

Додаткові засоби: деталі, складальні одиниці або їх фрагменти.

Короткі теоретичні відомості

Класифікація та експлуатаційні властивості мастильних матеріалів. Збільшення потужності транспортних засобів і технологічних процесів призвело до зростання вимог щодо підвищення надійності і довговічності техніки, а також до зниження витрат палива і змащувальних матеріалів. Нафтопродукти, які є експлуатаційними матеріалами, за своїм впливом на показники роботи техніки рівнозначні конструкційним матеріалам: металам, гумах, пластмасам та ін.

Ефективність змащувального матеріалу визначається, по-перше, конструктивними особливостями вузла тертя (типом, розміром, характером руху поверхонь тертя тощо), по-друге, – системою змащування і видом матеріалу контактних поверхонь, з яким він контактує в процесі роботи, а також умовами експлуатації вузла тертя і термінами заміни змащувального матеріалу.

Як конструкційний матеріал вузла тертя масла виконують такі функції:

- зменшують тертя, що виникає між деталями триботехнічного вузла;
- знижують знос і попереджують задири поверхонь тертя;
- відводять тепло від пар тертя;
- захищають поверхні контактуючих пар та інші неізольовані частини від корозійної дії зовнішнього середовища;
- ущільнюють зазори між спряженими деталями;
- видаляють із зони тертя продукти зносу, корозії та інші забруднення.

Змащувальні речовини можуть бути рідкими (мастила, вода, сірчана кислота високої концентрації), у вигляді емульсії (змащувально-охолоджувальні рідини), газоподібними (повітряні і газові суміші), пластичними і твердими (тальк, графіт, дисульфід молібдену).

За призначенням змащувальні мастила класифікуються за такими групами:

- моторні мастила (масла для карбюраторних, дизельних та авіаційних двигунів);
- трансмісійні мастила (автотракторні, редукторні, припрацьовуючі мастила для редукторів, мастила для гідравлічних муфт, гідротрансформаторів і автоматичних трансмісій);
- енергетичні мастила (турбінні, компресорні та електроізоляційні мастила);
- індустриальні масла (мастила загального призначення, мастила для важконавантажених вузлів, для наравляючих ковзання, циліндрові, для прокатних станів);
- консерваційні і робочо-консерваційні мастила;
- мастила спеціального призначення.

Компоненти змащувальних масел

Товарні мастила складаються з базових мастил нафтового або синтетичного походження (або їх суміші), у які вводяться спеціальні присадки, що поліпшують певні властивості масел. Деякі індустриальні, компресорні, вакуумні та інші мастила не містять присадок. Отримання необхідних якостей мастил досягається шляхом правильного підбору і сумісності властивостей базової частини з комплексом присадок, які додаються при компаундуванні.

Функціональні присадки

Для поліпшення експлуатаційних властивостей мастил і забезпечення надійної роботи механізмів у більшість змащувальних масел вводять спеціальні речовини. Органічні маслорозчинні продукти (понад 100 з'єднань) називають *присадками*, а тверді нерозчинні речовини неорганічного походження – *антифрикційними добавками*.

Присадки, які вводяться в мастила, є поверхнево-активними речовинами, призначеними для поліпшення їх триботехнічних, хімічних та реологічних властивостей. *Наповнювачі* вводять у мастила для підвищення допустимих навантажень і поліпшення триботехнічних характеристик мастил. Найбільш поширеними з них є графіт, дисульфід і диселенід металів, тальк, порошки пластичних металів, віск торф'яний і буровугільний.

Більшість промислових присадок і їх композицій містить у своєму складі кисень, сірку, фосфор, азот, хлор, кальцій, барій, цинк, магній, стронцій і такі функціональні групи, як карбоксильна, гідроксильна, сульфогрупа, дитіофосфатна, аміногрупа, трихлорметильна і деякі інші.

Присадки вводять у мастила в невеликих кількостях – від часток до декількох відсотків (у композиціях їх загальна концентрація становить до 15%), в'язкісні присадки можуть додаватися до 20-30%.

Механізм дії присадок представлений на рис. 1.



Рис. 1. Особливості тертя: мастильний матеріал без присадки (а) та з хімічно активною присадкою (б); 1 – тертьові поверхні; 2 – мастильний матеріал; 3 – "точка контакту"; 4 – момент зварювання поверхні деталей; 5 – утворення хімічної плівки (сервовітна плівка); 6 – полірування деталей.

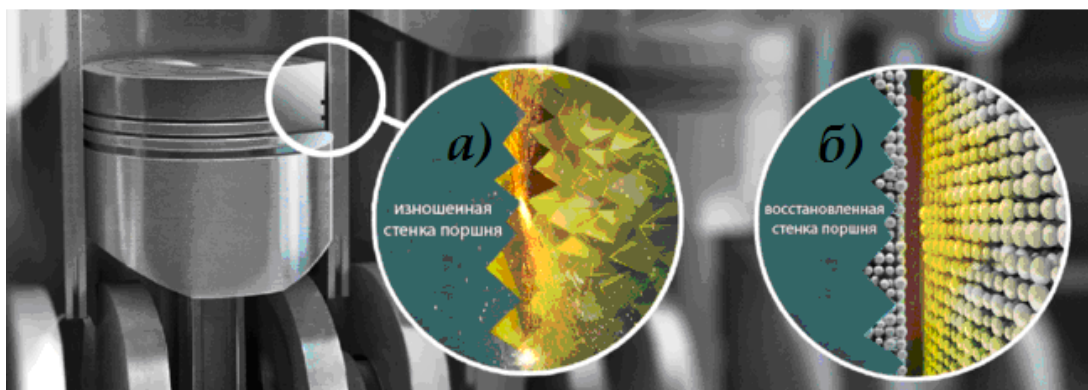


Рис. 2. Особливості поверхні деталі: а) без присадки; б) з хімічно активною присадкою

За функціональним призначенням присадки класифікують за такими групами:

1. Антиокислювальні присадки – сполуки, що подовжують індукційний період окиснення шляхом інгібування ланцюгових реакцій автоокиснення внаслідок утворення алкільних або пероксидних радикалів чи пасивацією металевої поверхні захисними плівками, попереджаючи її каталітичну дію. Антиокислювальними властивостями характеризуються такі органічні сполуки: сполуки сірки, селену, фосфору; похідні амінів, фенолу; лимонна і глюконова кислоти. Сучасні товарні мастила можуть містити також антиоксиданти, серед яких диалкілдитіофосфати цинку і барію, іонол, агідол, борин, диалкілселеніди, дифеніламін, алкілфеноли, трибутил- і трикрезилфосфати, Оіоа 267, ІХП, ІНХП.

2. Антикоровісні присадки – інгібітори електролітичних реакцій взаємодії води і кисню з поверхнею металу. Якщо фізичні інгібітори внаслідок зворотної адсорбції утворюють на поверхні металу гідрофобний шар, то хімічні реагують з металом, утворюючи захисні плівки, які змінюють електрохімічний потенціал. Антикоровісними властивостями характеризуються такі компоненти: лужні азотні похідні, аміди жирних кислот, сірчані сполуки, похідні фосфорної та азотної кислот.

3. В'язкісні присадки – речовини, які поліпшують в'язкісно-температурні характеристики малов'язкої базової основи з високим індексом в'язкості шляхом зсуву в'язкісно температурної залежності еквідистантно в зону підвищених температур.

В'язкісно-температурна залежність є важливим критерієм при виборі мастила. В'язкість мінеральних або синтетичних мастил знижується при підвищенні температури. Як загущувальні присадки застосовують полімери, середня молекулярна маса яких знаходиться в межах 1000 – 25000. Розчини в'язкісних присадок характеризуються властивостями неньютонівських рідин – динамічна в'язкість змінюється залежно від зміни градієнта швидкості зсуву.

Високі градієнти швидкості зсуву (до $10 - 6 \text{ c}^{-1}$), характерні для сучасних двигунів, і великі механічні навантаження в трансмісіях та інших важконавантажених вузлах можуть призвести до втрати в'язкості загущених мастил: тимчасової (унаслідок прояву неньютонівських властивостей) і постійної (унаслідок деструкції полімерних молекул).

Нині використовуються в'язкісні присадки таких типів: поліізо-бутени (LZ 7065, паратон 2225, гліссопал 2300, КП), поліметакрилати (віскоплекс, плексол, ПМА "Д"), поліолефіни, полімери дієнів (бутадієни, ізопрени).

4. Депресорні присадки – покращують низькотемпературні властивості мастил шляхом перешкоджання утворенню структурного каркаса й агрегації кристалів парафіну в сітчастій структурі при від'ємних температурах. Найбільше застосування знайшли депресори поліметакрилатного типу – LZ 7745, ПМА "Д", Плексол 102, Плексол 704, Плексол 1455.

5. Мийно-диспергуючі присадки – зменшують відкладення продуктів окиснення, запобігають агрегації асфальтенів і коагуляції колоїдних частинок за механізмом зниження міжмолекулярних дисперсійних сил на поверхні забруднюючих частинок унаслідок утворення електростатичного бар'єра, знижують корозійний знос, нейтралізують кислі продукти згоряння палива.

Як мийні й диспергуючі присадки застосовують високолузні сульфонати натрію, кальцію, барію, магнію, цинку (СК-11, СБ-3, ПМС, С-150, Хайтек Е-632, Лубрізол 65, Паранокс 24, ІХП-215, С-300Е, М-300Е), алкілсаліцилати кальцію, літію, натрію, магнію, барію (АСК, МАСК, АС- 60С), алкілфеноляти (Паранокс 51, ЦИАТІМ), сукциніміди (дипол – 40 і 45, ЛЗ-325, Оіоа 340С, С-5А, Оіоа 1200, ІХП – 476) і ін.

Потрібно зазначити, що багато мийно-диспергуючих присадок характеризуються поліфункціональними властивостями, тобто, крім

основних властивостей, проявляють антиокислювальну, антикорозійну і протизношувальну активності.

6. Протизношувальні і протизадирні присадки – речовини, що підвищують змащувальну здатність в умовах граничного і змішаного режимів тертя, запобігаючи інтенсивному зносу пар тертя в триботехнічному контакті внаслідок утворення адсорбційних шарів, хемосорбційних граничних плівок або хімічних з'єднань з металом, які перешкоджають схоплюванню поверхонь. Активними компонентами молекул є сірка, фосфор, хлор. Відомі також присадки, що містять свинець, сурму, молібден (у поєднанні з сіркою і фосфором).

Механізм дії сірковмісних присадок полягає в адсорбції молекул на поверхні металу, утворенні меркаптиду $R - S - Me$ в результаті перебігу реакцій взаємодії вільних радикалів при розриві $S - S$ зв'язку з активними атомами металу. При подальшому підвищенні температури відбувається розрив зв'язку $C - S$ і утворення неорганічних плівок сульфідів заліза.

Хлоровмісні присадки, розкладаючись при підвищених температурах, виділяють атомарний хлор, який на сталевих деталях утворює плівки хлористого заліза, що має пластинчасту будову і характеризується протизношувальними властивостями.

Механізм триботехнічної дії фосфоровмісних присадок ґрунтується на тому, що при термічному розкладанні фосфор утворює легкоплавку евтектичну суміш фосфідів металів або відбувається утворення кислих органічних фосфінів на ювенільній поверхні металу, які забезпечують зниження зносу.

До протизношувальних і протизадирних присадок відносяться ДФ-1, ЛЗ-309/2, ДФ-11, ТР-17В, АБЕС, ЕФО, трикрезилфосфат, совол, Англамол 99. Необхідно зазначити, що більшість присадок цієї групи проявляють і антифрикційні властивості.

Для поліпшення експлуатаційних властивостей мастил використовують також антипінні, деемульгуючі, припрацювальні та інші групи присадок.

Антифрикційні добавки

Антифрикційні добавки – високодисперсні частинки (1 – 20 мкм) – речовини кристалічної пошарової будови, атомарні й тверді аморфні структури, які підвищують змащувальну здатність масел. До твердих антифрикційних добавок належать графіт,

дисульфід молібдену, нітрид бору, деякі селеніди, сульфіди та йодиди металів, високодисперсні порошки металів і їх оксиди. Перевагою твердих нерозчинних добавок є те, що їх дія проявляється як при низьких, так і при високих температурах.

Ефект підвищення триботехнічних характеристик – розширення навантажувально-швидкісного діапазону, зниження інтенсивності корозійно-механічного зношування установлений при застосуванні нанорозмірних частинок (3-70 нм) або їх кластерів. До їх числа потрібно віднести ультрадисперсні алмази й ультрадисперсний алмазоподібний графіт, фулерени і фулереноподібні структури, ультрадисперсні кераміки на основі нітридів та оксинітридів перехідних металів – сіалони, природні силікати і графіт.

Кристалічна решітка пошарових матеріалів, зокрема графіту, дисульфідів молібдену та вольфраму, характеризується анізотропією будови (рис. 3).

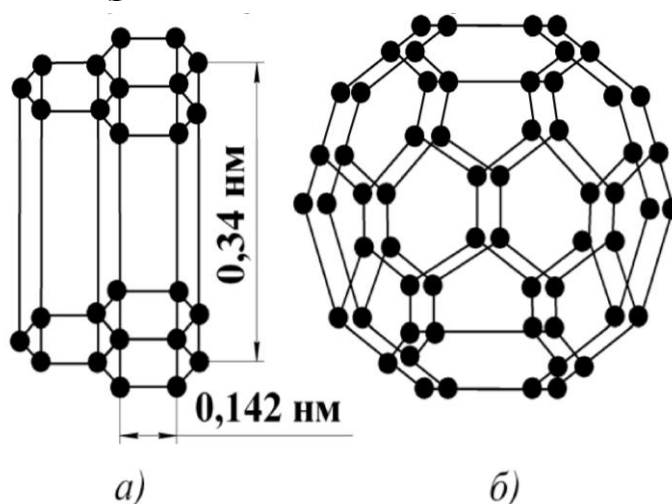


Рис. 3. Кристалічна структура графіту (а) та будова молекули фулерену C_{60} (б)

Плівки, утворені цими речовинами, здатні витримувати без руйнування навантаження до 3 ГПа, при цьому вони характеризуються низьким опором зсуву при дії тангенціального навантаження.

Варто зазначити, що під час створення та впровадження рецептури товарного масла необхідно враховувати, що підвищення експлуатаційних властивостей мастил досягається не тільки введенням поліфункціональних присадок і добавок, але й за рахунок вибору початкових властивостей базової основи і її сумісністю з різними типами присадок.

Експериментальна частина

Завдання на виконання практичної роботи включає наступні операції:

1. Визначити умови роботи деталей автомобіля.
2. Визначити і обґрунтувати вид зношування.
3. Встановити причини зношування.
4. Розробити і обґрунтувати рекомендації щодо зменшення основних параметрів зношування з доцільним застосуванням присадок та добавок в мастильні матеріали.
5. Зробити висновок про виконану роботу.
6. Надати повністю оформлений звіт викладачеві для перевірки і захисту лабораторної роботи.

Контрольні питання

1. Чим характеризується зношування і знос деталей автомобіля в процесі тертя?
2. Які напрямки застосування присадок і добавок в мастильні матеріали?
3. Види призначення мастильних матеріалів?
4. Види призначення присадок та добавок до мастильних матеріалів?
5. Яким чином вводяться присадки та добавки до мастильних матеріалів?
6. На яких стадіях використання автомобіля доцільно застосовувати підкапотну автохімію?

ТЕМИ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Змістовий модуль 1

1. Механізми втрати працездатності машиною, агрегатом, деталлю, поверхнею.

2. Шорсткість та хвилястість поверхонь. Основні параметри та вплив на довговічність та надійність деталей транспортних машин.

Змістовий модуль 2

1. Класифікація засобів дефектування

2. Магнітні дефектоскопи. Люмінесцентний метод дефектоскопії, метод фарб.

Змістовий модуль 3

1. Прийняття рішень про діяльність подальшого використання деталей їх ремонту або відновлення.

2. Методи та програми прискорених випробувань техніки на надійність.

Змістовий модуль 4

1. Забезпечення і підвищення надійності машин на стадії виробництва.

2. Надійність технологічного процесу. Ремонтні заходи щодо відновлення надійності машин.

3. Проектування технологічних процесів відновлення деталей.

ПИТАННЯ ДО ЕКЗАМЕНУ ОНІДТМ

1. Поняття транспортні машини.
2. Поняття надійності транспортних машин.
3. Показники надійності транспортних машин: працездатність, безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність та відновлювальність.
4. Зв'язок надійності і довговічності з етапом проектування та виготовлення транспортних машин.
5. Зв'язок надійності і довговічності з етапом експлуатації транспортних машин.
6. Специфічні особливості питання надійності і довговічності транспортних машин.
7. Економічний аспект надійності і довговічності транспортних машин.
8. Вплив технологічного процесу заготовка – деталь – механізм – транспортний засіб на показники надійності довговічності транспортних машин.
9. Ремонтпридатність та відновлювальність транспортних машин.
10. Справність, працездатність транспортних машин.
11. Поняття пошкодження, відмови (вірогідність відмови) транспортних машин.
12. Схема основних станів автомобіля.
13. Властивості надійності.

14. Безвідмовність. Показники безвідмовності. Імовірність безвідмовної роботи транспортних машин.
15. Інтенсивність відмов транспортних машин. Напрацювання до відмови транспортних машин.
16. Графік: існування транспортних машин.
17. Безвідмовність. Параметр потоку відмов транспортних машин.
18. Довговічність. Показники довговічності транспортних машин.
19. Види ресурсів. Повний ресурс.
20. Середній ресурс до капітального ремонту транспортних машин.
21. Призначений ресурс транспортних машин.
22. Ресурс безперервної роботи транспортних машин.
23. Оптимальна довговічність транспортних машин.
24. Гарантійне напрацювання транспортних машин.
25. Термін служби транспортних машин.
26. Види термінів служби транспортних машин.
27. Гарантійний термін служби транспортних машин.
28. Збереженість. Показники збереженості транспортних машин.
29. Чим обумовлена збереженість транспортних машин.
30. Ремонтпридатність. Показники ремонтпридатності транспортних машин.
31. Повний час існування автомобіля.
32. Коли новий більш надійний автомобіль є кращим в експлуатації?
33. Визначення економічно оптимального рівня надійності автомобіля.
34. Основна причина відмов автотранспортного засобу?

35. Загальна задача підвищення надійності і довговічності автотранспортного засобу?
36. Кліматичні, транспортні умови, їх вплив на автомобіль.
37. Дорожні умови. їх вплив на автомобіль.
38. Чим визначається граничний стан основних агрегатів автомобіля?
39. Які відмови найбільш характерні для автомобільних двигунів?
40. Загальний критерій оцінювання граничного зносу двигунів?
41. Види зносу гільз циліндрів, поршнів і кілець?
42. Вплив стану мастила на строк служби автомобіля?
43. Вплив типу з'єднань на надійність і довговічність частин автомобіля.
44. Класифікація процесів, що впливають на автомобіль. Зворотні та незворотні процеси.
45. Допустимі та недопустимі пошкодження.
46. Часткова та повна відмова транспортних машин.
47. Фактична та потенційна відмови транспортних машин.
48. Поступова, раптова та складна відмови транспортних машин.
49. Збій транспортних машин.
50. Конструкційна, технологічна та експлуатаційна відмови транспортних машин.
51. Умови припинення процесу пошкодження.
52. Задачі збору та опрацювання інформації про надійність і довговічність автомобілів.
53. Типова схема організації збору та опрацювання інформації про надійність.

54. Обробка та аналіз інформації про надійність і довговічність автомобіля.
55. Процес старіння транспортних машин.
56. Структура поверхневого шару.
57. Мікро та макрогеометричні параметри поверхневого шару.
58. Специфіка напруженого стану поверхневого шару.
59. Структура шарів мастила біля поверхні твердого тіла.
60. Об'ємні процеси старіння. Процеси роз'їдання.
61. Процеси наростоутворення. Процеси старіння при контакті поверхонь.
62. Природа процесу зносу автомобіля.
63. Тертя. Види тертя.
64. Види зносу автомобіля.
65. Визначення зносу за наявністю продуктів зношування в мастилi.
66. Технічне діагностування автомобілів.
67. Основні поняття та методи діагностування транспортних машин.
68. Діагностування двигуна і його складових частин.
69. Обкатка, випробування автомобілів.
70. Загальні відомості про технологію обкатки автомобілів.
71. Випробування і регулювання автомобіля.
72. Методи і способи ремонту транспортних машин.
73. Мета і способи відновлення деталей і сполучень транспортних машин.
74. Методи і способи відновлення деталей транспортних машин.

75. Відновлення деталей транспортних машин механічною обробкою (розточування, хонінгування, шліфування поверхонь деталей).
76. Відновлення деталей транспортних машин зварюванням.
77. Відновлення деталей транспортних машин наплавленням, нанесенням покриттів.
78. Механічні і слюсарно-механічні способи відновлення деталей і сполучень транспортних машин.
79. Безрозбірне відновлення автомобілів і агрегатів.
80. Особливості проведення безрозбірного відновлення. Підкапотна автохімія.

ЛІТЕРАТУРА

Основна література

1. Авдеев М. В., Воловик Е. Л., Ульман И. С. Технология ремонта машин и оборудования. Москва: Агропромиздат, 1986. 247 с.
2. Афтаназів І. С., Фтаназів І. С., Гавриш А. П., Киричок П. О., Мельничук П. П., Попов Є. С., Третько В. В. Підвищення надійності деталей машин поверхневим пластичним деформуванням. Житомир: ЖІТІ, 2001. 516 с.
3. Балабанов В. И., Безразборное восстановление трущихся соединений автомобиля. Методы и средства. 2002. М: Астрем. 64 с.
4. Бардило А.П., Тріщ Г. Г. Основи теорії надійності. Київ: НМКВО, 1991. 100 с.
5. Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Кукурудзяк Ю. Ю., Цимбал С. В. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів. Вінниця: ВНТУ, 2012. 118 с.
6. Воловик Е. Л. Справочник по восстановлению деталей. Москва: Колос, 1981. 351 с.
7. Гаркунов Д. Н. Триботехника. Износ и безызность. Москва: Машиностроение, 2001. 616 с.
8. Дмитриченко М. Ф., Мнацаканов Р. Г., Мікосянчик О. О. Триботехніка та основи надійності машин. Київ: Інформавтодор, 2006. 216 с.
9. ДСТУ 2862-94. Методи розрахунку показників надійності. 1994. 40 с.
10. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. 1994. 90 с.
11. Канарчук В. Є., Полянський С. К., Дмитрієв М. М. Надійність машин : підручник. Київ : Либідь, 2003. 424 с.
12. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Київ: Знання-Прес, 2003. 512 с.
13. Нагорный В. М. Техническая диагностика машин. Суми: СумГУ, 2006. 231 с.
14. Обертюх Р. Р. Триботехніка. Вінниця: ВНТУ, 1999. 78 с.

15. Решетов Д. Н. Работоспособность и надежность деталей машин. Москва: Высшая школа, 1974. 206 с.

16. Савуляк В. І., Івацько В. Т. Відновлення деталей автомобілів : навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2004. 104 с.

17. Царинник О. Ю. Металеві конструкції. Львів: Бескид Біт, 2004. 304 с.

18. Черновол М. И. и др. Современные материалы для восстановления и упрочнения деталей машин. Кировоград: РВП КГТУ, 1994. 83 с.

Додаткова література

1. Виноградов В. Н., Сорокин Г.М. Износостойкость сталей и сплавов. Москва: Нефть и газ, 1994. 415 с.

2. Гаркунов Д. Н. Триботехника. Конструирование, изготовление, эксплуатация машин. Москва: Машиностроение, 2002. 632 с.

3. Когаев В. П., Дроздов Ю. Н. Прочность и износостойкость деталей машин. Москва: Высш. шк., 1991. 319 с.

4. Костецкий Б. И. Трение, смазка и износ в машинах. Київ : Техника, 1970. 395 с.

Навчально-методичне видання

**ОСНОВИ НАДІЙНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ
ТРАНСПОРТНИХ МАШИН**

**Навчально-методичний посібник
з практичних робіт**

**БИВАЛЬКЕВИЧ
Леонід Мстиславович**

**ЛЮЛЬКА
Василь Степанович**

Технічний редактор

О. Клімова

Комп'ютерний набір

Л. Бивалькевич

*Свідоцтво про державну реєстрацію
друкованого засобу масової інформації
серія КВ № 17500-6250 ПР від 16.11.2010 р.*

Підписано до друку 15.02.2019 р. Формат 60 x 90 1/16.

Папір офсетний. Друк на різнографі.

Ум. друк. арк. 5,25. Обл.-вид. 2,56.

Наклад 100 прим. Зам. № 872.

Редакційно-видавничий відділ НУЧК імені Т.Г. Шевченка.

14013, вул. Гетьмана Полуботка, 53, к. 208.

Тел. 65-17-99, Chdpu_tipograf_208@gmail.com