

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



В. Є. Олішевська, К. М. Бас, В. В. Кривда

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ ПРАКТИКУМ

Навчальний посібник

Дніпро
НТУ «ДП»
2025

УДК 629.33.083(076.5)

О 54

*Рекомендовано вченою радою НТУ «Дніпровська політехніка»
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»
(протокол № 8 від 06.06.2025)*

Рецензенти:

В. П. Сахно – д-р техн. наук, проф. (Національний транспортний університет);

О. В. Бажинов – д-р техн. наук, проф. (Харківський національний автомобільно-дорожній університет).

Олішевська В. Є.

О 54 Основи технології виробництва та ремонту автомобілів. Практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. / В. Є. Олішевська, К. М. Бас, В. В. Кривда ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2025. – 223 с.

Подано теоретичні відомості про технічний стан, надійність і технологію ремонту деталей автомобілів. Викладено інструкції до виконання практичних робіт з ремонту автомобілів. Посібник включає тестові завдання з дисципліни, критерії оцінювання виконаних здобувачами вищої освіти практичних завдань, словник термінів, а також список рекомендованої літератури.

Видання буде корисним здобувачам ступеня бакалавра спеціальності 274 «Автомобільний транспорт».

УДК 629.33.083(076.5)

© В. Є. Олішевська, К. М. Бас,
В. В. Кривда, 2025

© НТУ «Дніпровська політехніка», 2025

ВСТУП

Автомобільний транспорт виконує важливу роль у функціонуванні та розвитку економіки країни, забезпеченні зв'язку, виробництва й споживання, активізації руху товарно-матеріальних потоків, підтримці мобільності робочої сили та задоволенні потреби населення у перевезеннях.

Автомобільний транспорт в Україні (станом на 2017 рік) налічує понад 9,2 млн транспортних засобів, у тому числі 6,9 млн легкових автомобілів, близько 250 тис. автобусів, 1,3 млн вантажних автомобілів, понад 840 тис. одиниць мототранспорту.

Функціонування автомобільного транспорту в Україні має особливості:

- швидке зростання рівня автомобілізації;
- технічна та (або) моральна застарілість майже 70 відсотків рухомого складу;
- середній вік парку легкових автомобілів в Україні сягає 22,7 років, що в два рази перевищує цей показник в Європейському Союзі (ЄС) – приблизно 11,5 років;
- кількість автомобілів, експлуатованих понад 10 років, в Україні становить 83 %;
- за даними Уряду України, до 60 % екологічних збитків в Україні пов'язано з перевезенням пасажирів легковими автомобілями;
- значне споживання дефіцитних ресурсів;
- викиди в атмосферу шкідливих речовин, що здійснюються автомобільним транспортом, становлять 95 % усіх викидів.

З огляду на перелічені обставини, має місце актуальність і важливість використання сучасних технологій ремонту деталей, вузлів та агрегатів автомобілів.

Основи технології виробництва та ремонту автомобілів – цікавий і захопливий освітній компонент, вивчення якого сприяє ознайомленню здобувачів вищої освіти з такими темами: прогресивні технологічні процеси виробництва деталей, види дефектів деталей автомобілів, контроль розмірів деталей, методики виявлення прихованих дефектів деталей і вузлів та послідовність усунення, технології мийно-очисних робіт, дефектування та сортування деталей, технологічні процеси складання та випробування агрегатів, технологічні процеси відновлення деталей автомобілів, серед яких механічна обробка, пластичне деформування, зварювання і наплавлення, металізація, паяння та заливання антифрикційними сплавами, гальванічне осадження покриттів, ремонт за допомогою синтетичних матеріалів, відновлення з використанням додаткових ремонтних деталей.

Зміст посібника відповідає освітньо-професійній програмі вищої освіти «Автомобільний транспорт», а також робочій програмі освітнього компонента «Основи технології виробництва та ремонту автомобілів» для підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 274 «Автомобільний транспорт».

1 МЕТА ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ І РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Практичні роботи є важливим видом опрацювання здобувачами вищої освіти матеріалу освітнього компонента «Основи технології виробництва та ремонту автомобілів» [1]–[3].

Метою виконання практичних робіт і практичних завдань є набуття концептуальних наукових і практичних знань про виробництво і ремонт деталей та вузлів автомобілів у ринкових умовах господарювання.

У результаті виконання практичних робіт здобувачі зможуть досягти таких результатів навчання:

- розробляти технологічні процеси, обирати технологічне обладнання, устаткування, пристрої для налагодження і регулювання, стенди для перевірки й випробування агрегатів і систем автомобілів, різальні інструменти, контрольно-вимірвальні інструменти для ремонту автомобілів, вузлів та агрегатів;

- використовувати засоби автоматизації та механізації для ремонту автомобільного транспорту, їх систем та елементів;

- вміти застосовувати сучасні технології, новітні матеріали, обладнання, інструменти; розробляти й оформляти технічну документацію на технологічні процеси ремонту автомобілів, вузлів та агрегатів;

- оформляти первинні документи обліку ремонту автомобілів, вузлів та агрегатів; розробляти графіки ремонту автомобілів; складати план ремонту й відновлення деталей; заповнювати карти технологічного процесу ремонту; розраховувати технічно обґрунтовані норми часу на операції відновлення; виконувати ремонт автомобілів з використанням технологічного устаткування;

- визначати цілі й завдання ресурсозбереження; розробляти елементи технологічного процесу виробництва й ремонту автомобілів, вузлів та агрегатів [4].

2 ОСНОВНІ ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАСАДИ ТА ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Практикум складається з 10 практичних робіт відповідно до таких розділів: дефектувальні роботи, робота з балансування деталей, відновлювальні та комплектувальні роботи.

Основна мета практичного заняття – формування умінь і навичок практичного застосування знань шляхом виконання здобувачами вищої освіти завдань і вправ.

Під час виконання практичних робіт здобувачі закріплюють і поглиблюють теоретичні знання, засвоєні на лекційних заняттях, розвивають практичні уміння та навички в операціях з дефектування, балансування, відновлення, комплектування деталей автомобілів.

У процесі практичних занять здобувачі мають змогу ознайомитися з сучасним технологічним обладнанням, пристосуваннями та пристроями для налагодження і регулювання, стендами для перевірки технічного стану деталей, контрольно-вимірними та різальними інструментами.

На практичних заняттях здобувачі вищої освіти працюють з відповідним обладнанням, пристосуваннями та інструментами, які є джерелами підвищеної небезпеки. У зв'язку з цим, до виконання практичних робіт допускаються здобувачі, які пройшли вступний інструктаж з охорони праці та інструктаж на робочому місці. Проведення інструктажу фіксується в журналі й підтверджується особистим підписом кожного здобувача.

Під час практичних занять кожен здобувач має дотримуватися таких вимог:

- ознайомитися з методичними рекомендаціями до виконання практичних робіт;
- обов'язково відвідувати кожне практичне заняття;
- дотримуватися правил охорони праці;
- скласти звіти про виконання практичних робіт;
- пройти оцінювання з практичних робіт.

Звіт про практичну роботу повинен містити такі елементи:

- назву роботи, її мету, характеристику деталі;
- результати візуального огляду деталі;
- результати вимірювань необхідних параметрів;
- розрахунки параметрів, якщо це передбачено завданням;
- висновки;
- відповіді на контрольні питання;
- особистий підпис виконавця й дату складання звіту.

Для здобувачів вищої освіти денної форми навчання обов'язкове відвідування кожного заняття. Ті здобувачі, які користуються освітніми послугами за дуальною формою навчання, керуються індивідуальним розкладом занять. Поважними причинами неявки на заняття є хвороба, участь в

університетських заходах, академічна мобільність, що необхідно підтверджувати документами. Про відсутність на занятті та її причини здобувач вищої освіти має повідомити викладача особисто або через старосту. За наявності об'єктивних причин (наприклад, академічна мобільність, карантин, повітряна тривога) навчання може відбуватись у режимі онлайн після погодження з викладачем.

Здобувачі вищої освіти мають досягти результатів навчання з дисципліни, отримуючи задовільні оцінки під час поточного та підсумкового контролю [5]. Академічна доброчесність базується на засудженні практики списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (наведення вигаданих даних).

Політика академічної доброчесності регламентується документом «Положення про систему запобігання та виявлення плагіату Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» [6]. У разі порушення здобувачем вищої освіти принципів академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація) робота оцінюється незадовільно і має бути виконана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити завдання.

Консультації з дисципліни проводяться за окремим розкладом, який погоджено зі здобувачами вищої освіти.

Письмові запитання до викладачів стосовно вивчення дисципліни мають надсилатися на університетську електронну пошту.

Наприкінці вивчення курсу та перед початком сесії здобувачам вищої освіти пропонується анонімно заповнити електронні анкети (Microsoft Forms Office 365). Заповнення анкет є важливою складовою навчальної активності здобувачів, що дозволяє оцінювати ефективність застосованих методів викладання та врахувати пропозиції стосовно покращення змісту освітнього компонента «Основи технології виробництва та ремонту автомобілів».

3 ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Під час практичних занять для здобувачів передбачено два робочих місяці: навчальне – для оформлення звітів про виконання практичних робіт, ведення розрахунків і написання висновків, та спеціалізоване – для виконання технологічних операцій, передбачених тематикою практичної роботи.

Практичні роботи з дефектування деталей, балансування і комплектування виконуються на спеціальних столах, оснащених приладами, стендами, інструментами.

Практичні роботи з відновлення деталей виконують на токарному та хонінгувальному верстатах.

Відомості про матеріально-технічне оснащення робочого місця здобувача детально подані в методичних рекомендаціях до кожної практичної роботи.

Методичне забезпечення практичних занять включає такі матеріали:

- правила техніки безпеки;
- методичні рекомендації до виконання практичної роботи;
- опис дефектів деталей автомобілів;
- довідкову інформацію, наприклад, дані, що використовують під час дефектування, схеми керування верстатом та ін.

Визначення технічних понять відповідної тематики розміщені в параграфі «Словник термінів» [7]–[28].

Під час проведення практичних занять використовуються показові, робочі, контрольні колекції кафедри автомобілів та автомобільного господарства; дистанційна платформа Moodle; Teams; Electude; активований акаунт університетської пошти (student.i.p.@nmu.one) Офіс 365.

Інформаційною базою для виконання практичних робіт здобувачів є літературні джерела [1]–[11], перелік яких подано в розділі «Список рекомендованої літератури».

4 ТЕХНІЧНИЙ СТАН АВТОМОБІЛІВ ТА ЙОГО ЗМІНА В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

4.1 Основні поняття про надійність автомобілів

Важливим завданням автомобільного транспорту є забезпечення якісного та безпечного його функціонування.

Характеристикою, яка значно впливає на ефективність використання автомобільного транспорту та надійність транспортних засобів, є технічний стан автомобілів.

Технічний стан – сукупність схильних до зміни в процесі виробництва чи експлуатації якостей виробу, яка характеризується в певний момент часу ознаками, встановленими технічною документацією на цей виріб [10], [19], [35].

Технічний стан технічних засобів (ТЗ) – сукупність схильних до зміни в процесі експлуатації властивостей і встановлених нормативними документами параметрів ТЗ, яка визначає можливості його застосування за призначенням.

Надійність (*reliability*) – властивість автомобіля виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників у заданих межах, що відповідають заданим режимам і умовам використання, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання й транспортування [11], [14], [18], [19], [26], [27].

Надійність автомобіля закладається під час його проектування й доведення дослідного зразка до ладу, а також забезпечується в процесі виробництва і підтримується в процесі експлуатації [19]. Тому, розрізняють конструктивну, виробничу та експлуатаційну надійність автомобіля [19].

Реалізується надійність автомобілів в експлуатації, тому повнота виявлення в процесі роботи закладеної в автомобілі надійності, визначається прийнятою системою, якістю технічного обслуговування та ремонту, кваліфікацією обслуговуючого персоналу, впливом зовнішнього середовища [29].

Надійність – це комплексна властивість автомобілів, яка характеризується сукупністю показників: безвідмовністю, довговічністю, ремонтпридатністю та збереженістю [12], [16], [27], [35].

Безвідмовність (*failure*) – властивість автомобіля безупинно зберігати працездатний стан на заданому пробігу (гарантований пробіг, пробіг до чергового технічного обслуговування) або на протязі встановленого проміжку часу (гарантований період, час зберігання або транспортування) [12], [14], [18], [26].

Показниками **безвідмовності** для виробів, що не ремонтуються або замінюються після першого порушення працездатності, є ймовірність безвідмовної роботи та інтенсивність відмов [27].

Для виробів, що ремонтуються, показники **безвідмовності** – це напрацювання на відмову, середнє значення параметру потоку відмов [27].

Працездатність – стан автомобіля, при якому значення всіх параметрів, які характеризують його здатність виконувати транспортну роботу, відповідають вимогам нормативно-технічної документації [11], [18], [19].

Подія, що полягає в порушенні працездатності, називається **відмовою** [11], [13], [18], [19].

Відмови можуть бути **раптові** й **поступові**. Раптові відмови характеризуються стрибкоподібною зміною значень одного або декількох параметрів об'єкта. Поступові відмови характеризуються плавною зміною одного або декількох параметрів об'єкта [12].

Несправність – стан автомобіля (виробу), за якого він не відповідає хоча б одній з вимог нормативно-технічної документації [19].

Довговічність – властивість автомобіля (виробу) зберігати працездатність до настання граничного стану при установленій системі технічного обслуговування та ремонту [10]–[12], [18], [27].

Для багатьох виробів, що не ремонтуються (шестерні, лампи та ін.), граничний стан співпадає з відмовою [27].

Граничний стан виробів, що ремонтуються, визначається неефективністю їх подальшої експлуатації через старіння та частих відмов або збільшення витрат на ремонт. Граничний стан також може визначатись моральним старінням [27].

Критерії відмов та граничних станів встановлюють у нормативно-технічних документах з метою достовірного визначення технічного стану автомобіля розробником, виробником та споживачем [19]. Критерії відмов автомобіля та його складових частин визначають за однією характерною ознакою або за сукупністю ознак непрацездатного стану. Критерії граничних станів автомобіля та його складових частин встановлюють за характерними ознаками, на підставі яких треба вважати неможливим подальше використання його з наступних причин: неусувних порушень безпеки і виходу заданих параметрів за допустимі межі; недопустимого зниження ефективності експлуатації; потреби капітального ремонту [19].

Ремонтопридатність характеризується середнім часом відновлення та ймовірністю відновлення працездатності протягом визначеного інтервала часу, а також комплексними показниками – коефіцієнтом готовності та коефіцієнтом технічного використання [27].

Збереженість – властивість автомобіля та його складових частин зберігати значення показників безвідмовності, довговічності й ремонтпридатності в процесі експлуатації та протягом усього можливого періоду зберігання (включаючи консервацію) або транспортування [12], [16].

Надійність автомобіля не залишається сталою протягом усього терміну експлуатації тому, що відбувається різні процеси, які викликають зношування деталей, накопичення результатів явищ втоменості, корозії та ін. З часом, збільшується ймовірність появи несправностей і відмов. Основною причиною, що впливає на надійність, є зношування деталей, вузлів, агрегатів та систем автомобіля, що виражається в руйнуванні поверхонь сполучених деталей, порушенні їх первісних геометричних форм, об'ємів, ваг [12], [16].

4.2 Фактори, що викликають зміни технічного стану деталей автомобілів у процесі експлуатації

Для покращення експлуатаційних властивостей і техніко-економічних показників автомобіля та його складових частин треба знати причини й закономірності зміни технічного стану, які залежать від надійності вузлів, агрегатів і автомобіля в цілому.

В процесі роботи автомобіля показники його технічного стану змінюються від початкових, що відповідають новому автомобілю, до гранично допустимих, а потім і до граничних значень, при яких подальше застосування за призначенням неприпустиме або недоцільне [35].

Основною причиною, що викликає зміну технічного стану, є знос деталей, вузлів, агрегатів і систем автомобіля [8], [35].

Мірою оцінки зношування є знос, який виражається в одиницях довжини, маси чи об'єму. Основними характеристиками процесів зношування є швидкість (відношення зносу до інтервалу часу його виникнення) та інтенсивність (відношення зносу до відстані (км), на якому відбувся знос) [35].

Основною причиною зносу є тертя, що виникає при відносному переміщенні деталей. В автомобілях мають місце різні види тертя: сухе, рідинне, граничне та напіврідинне.

Сухе тертя – це тертя двох тіл за відсутності на поверхнях тертя введеного мастильного матеріалу [11], [13], [35].

При **рідинному терті** мастильний шар повністю відокремлює робочі поверхні деталей і має товщину, що забезпечує нормальний обсяг мастильного матеріалу. Знос деталей при цьому буде мінімальним.

Граничним називається тертя, яке виникає у разі, коли поверхні тертя розділені шаром мастильного матеріалу настільки малої товщини, що властивості цього шару відрізняються від об'ємних властивостей, а сила тертя залежить від природи і стану поверхонь, що труться [11], [35].

Напіврідинне тертя виникає, наприклад, при пуску та зупинці двигуна, при високих температурах і навантаженнях, а також у разі недостатньої подачі мастильного матеріалу та його в'язкості [35].

За характером руйнування розрізняють такі **види зносу**: механічний, корозійно-механічний та електроерозійний (знос при дії електричного струму).

Механічний знос є наслідком механічних впливів і включає абразивний, гідроабразивний, газоабразивний, ерозійний, кавітаційний, втомний знос, знос при фретингу та знос при заїданні [18], [19].

Абразивний знос виникає в результаті ріжучого або дряпаючого впливу твердих тіл та (або) частинок абразиву [12], [14], [16], [18], [35]. Ці частинки можуть опинитися між контактуючими поверхнями з мастильним матеріалом або з повітря, а також можуть з'явитися внаслідок розвитку інших видів зносу (схоплювання, викришування, окиснення та ін.). Абразивний знос може відбуватися з переважанням процесів окиснення (окиснення та подальше

руйнування оксидних плівок) або механічного руйнування поверхні (впровадження абразивних частинок).

Гідроабразивний та газоабразивний знос є результатом дії твердих частинок, що захоплюються рідиною або газом, відповідно [12], [14], [18], [35]. Він характерний для деталей мастильної системи та системи живлення двигунів через такі забруднення, як продукти зносу, нагар і пил.

Ерозійний знос часто зустрічається на поверхнях деталей охолоджувальної та випускної систем двигуна [35].

Кавітаційний знос - знос поверхні при відносному русі твердого тіла у рідині [14], [19]. Кавітаційний знос спостерігається, наприклад, на зовнішніх поверхнях гільз циліндрів двигуна та на лопатях водяних насосів системи охолодження [12]. Суть процесу кавітації полягає в утворенні, а потім поглинанні парогазових бульбашок в рідині, що рухається по поверхні, при певних співвідношеннях тисків і температур у змінних перерізах потоку. Руйнування кавітаційних бульбашок супроводжується гідравлічними ударами по поверхні деталі та утворенням каверн, порожнин.

Втомний знос (контактна втома) може відбуватися як при терті коченням, так і при терті коченням з прослизанням, коли контакт деталей є зосередженим [12], [18]. Втомний знос є результатом накопичення пошкоджень та руйнувань поверхні під впливом циклічних контактних навантажень [14]. Прикладом може бути знос жолобників поворотного кулака і колінчатого вала, підшипника кочення.

При **зносі при заїданні** відбувається задир, що призводить до катастрофічних видів зносу [18]. При цьому відбувається руйнування поверхні і деталі, що труться, виходять з ладу. Розрізняють схоплювання I роду (холодний задир) та II роду (гарячий задир). Холодний задир відбувається при терті з невеликими швидкостями відносного переміщення (до 0,5...0,6 м/с) та питомими навантаженнями, що перевищують межу фізичної текучості σ_T , за відсутності мастильного матеріалу та захисної плівки оксидів. Гарячий задир відбувається при терті ковзанням з великими швидкостями (більш ніж 0,6 м/с) і навантаженнями, коли в зоні контакту температура різко підвищується (до 500...1500 °C).

Корозійно-механічний знос – знос в результаті механічної дії, що супроводжується хімічною та (або) електричною взаємодією матеріалу з середовищем (киснем, газами, кислотами, лугами) [16], [18], [19]. Взаємодія середовища з поверхнею деталі призводить до утворення нових хімічних сполук, які змінюють властивості поверхні. Поверхні тертя зношуються внаслідок періодичного утворення та руйнування менш міцного шару. Корозійно-механічний знос відбувається в циліндрах двигуна, вкладишах підшипників, шийках колінчатого вала та інших деталях в результаті дії кислот.

Окислювальний знос – корозійно-механічний знос, при якому переважає хімічна реакція матеріалу деталі з киснем або окислювальним навколишнім середовищем [14], [19].

Знос при фретинг-корозії – корозійно-механічний знос тіл, що перебувають у контакті, при малих коливальних відносних переміщеннях [14], [18]. Для зносу при фретингу достатньо навіть малих відносних переміщень з амплітудою 0,025 мкм.

Знос при фретингу відбувається в болтових та заклепувальних з'єднаннях, посадкових поверхнях підшипників кочення, шестерень, муфт та інших деталей, що знаходяться в рухомому контакті. Причиною зносу є безперервне руйнування захисної оксидної плівки в точках рухомого контакту.

Електроерозійний знос поверхонь деталей відбувається внаслідок впливу розрядів при проходженні електричного струму [14], [18]. Приклад – підгоряння контактів у замку запалювання, переривника-розподільника, реле стартера тощо.

Одна деталь може зазнавати одночасно кількох видів зносу залежно від умов роботи. Наприклад, верхня частина циліндра двигуна зазнає механічного і корозійно-механічного зносу.

Неприпустимі руйнування при терті: схоплювання I і II роду, фретинг-процес, різання та дряпання (механічна форма абразивного зносу), втомлення при коченні та інші види ушкодження (корозія, кавітація, ерозія тощо).

Наслідком зносу деталей, вузлів, агрегатів і систем автомобіля є порушення трибосполучень, кінематичних зв'язків та роботи всього об'єкта в цілому.

Надзвичайно руйнівними процесами в автомобілі (особливо в деталях кузова) є корозійні процеси (корозійно-механічний знос), які відбуваються під хімічним або електрохімічним впливом зовнішнього середовища, внаслідок чого металеві матеріали переходять в окислений стан і змінюють свої фізико-механічні властивості [12], [13], [18].

Електрохімічна корозія буває атмосферна (волога) та в рідкій фазі (електроліті); **хімічна** – поділяється на **газову (суху)** та в **рідкій фазі (неелектроліті)** [35].

Прикладами деталей, схильних до впливу атмосферної корозії, є днище кузова, внутрішні поверхні крил і всі незабарвлені металеві деталі.

Корозія в рідкій фазі (електроліті), наприклад, корозія внутрішніх стінок системи охолодження двигуна, протікає під поверхнею електроліту без присутності кисню повітря.

Прикладом хімічної корозії в рідкій фазі служить корозія стінки паливного бака, що відбувається під впливом на метали сполук, смол і органічних кислот, що знаходяться в нафтопродуктах.

Суха газова корозія протікає без електричного струму в умовах впливу на метал сухих газів. Прикладом може бути окислення поверхні камери згорання, дзеркала циліндра двигуна і внутрішніх поверхонь випускних труб.

Втомленість і корозія є не тільки складовими при зносі, але можуть бути і самостійними процесами старіння, які прискорюють високі та низькі температури повітря, їх перепад, сонячні промені та підвищена вологість [35].

Таким чином, на зміну технічного стану автомобілів у процесі експлуатації впливають наступні фактори: знос, втомленість та корозія деталей, вузлів, агрегатів і систем автомобіля [13].

Зміна технічного стану автомобілів, що відбувається під час експлуатації, призводить до зростання питомих витрат на запасні частини, технічне обслуговування та ремонт [8].

4.3 Характерні дефекти деталей автомобілів

Виріб – будь-який предмет або набір предметів виробництва, який необхідно виготовляти на підприємстві. Встановлюються наступні види виробів: деталь, комплекс, комплект, складальна одиниця (вузол) [27].

Деталь автомобіля – виріб, який виготовлено з однорідного за найменуванням та маркою матеріалу без використання складальних операцій; складова частина механізму, автомобіля.

Прикладом деталей автомобілів є колінчатий вал, шатун, поршень та ін.

Під час експлуатації під впливом навантажень, температур та агресивних середовищ відбуваються зміни характеристик деталей та утворення дефектів, тобто окремих невідповідностей деталі вимогам, які встановлені нормативною документацією.

Дефект (defect) – будь-яка невідповідність виробу встановленим до нього вимогам; відхилення якості, форми чи фактичних розмірів елементів та конструкцій від вимог нормативно-технічної чи проектно-конструкторської документації, що виникає при проектуванні, виготовленні, транспортуванні та монтажі [10], [12], [13].

За причинами виникнення, дефекти класифікуються наступним чином:

➤ **конструктивні** – дефекти, поява яких обумовлена невідповідністю вимогам технологічного завдання або встановленим правилам розробки (модернізації) деталі (наприклад, неправильне визначення розмірів деталі, матеріалу деталі, режиму термічної обробки та ін.); ці дефекти є наслідком недосконалості конструкції та помилок конструювання;

➤ **виробничі** – дефекти, поява яких обумовлена невідповідністю вимогам документації на виготовлення, ремонт чи поставку виробу; виробничі дефекти виникають у результаті порушення технологічного процесу під час виготовлення або відновлення деталей автомобілів;

➤ **експлуатаційні** – дефекти, поява яких обумовлена експлуатацією (ці дефекти виникають в результаті зносу, втоми, корозії деталей, а також неправильної експлуатації); в деталях автомобілів утворюються такі експлуатаційні дефекти: зміна розмірів і геометричної форми робочих поверхонь; порушення точності взаємного розташування робочих поверхонь; механічні пошкодження; корозійні пошкодження; зміна фізико-механічних властивостей матеріалу деталей (рис. 4.1) [12], [13], [17], [31].

За наслідками (ступенем впливу на ресурс автомобіля), дефекти класифікуються таким чином:

➤ **критичні** – дефекти, при наявності яких використання деталей за призначенням практично неможливе або заборонене відповідно до вимог техніки безпеки;

➤ **значні** – дефекти, що суттєво впливають на використання деталей за призначенням та (або) на їх довговічність, але не є критичними;

➤ **малозначні** – дефекти, які істотно не впливають на використання деталей за призначенням та їх довговічність (рис. 4.1) [11], [13], [17].

За місцем розташування та методом виявлення, дефекти поділяються на групи:

➤ **зовнішні (явні)** – дефекти, які визначаються візуально або методами та засобами вимірювання, які передбачені у нормативно-технічній документації; прикладами зовнішніх дефектів є деформація, поломки, зміна геометричної форми і розмірів та ін.;

➤ **внутрішні (неявні)** – дефекти, які виявляють спеціальними методами контролю (наприклад, тріщини від втомленості, дислокації, тріщини термічної втомленості та ін.) (рис. 4.1) [11], [13], [12], [17].

За доцільністю усунення, дефекти класифікуються наступним чином:

➤ **поправні** – дефекти, усунення яких технічно можливе та економічно доцільне;

➤ **непоправні** – дефекти, усунення яких технічно неможливе або економічно недоцільне (рис. 4.1) [11], [13], [17].

Зміна розмірів та форми базових поверхонь деталей автомобілів відбувається в результаті їх зносу, як правило, нерівномірного (рис. 4.2) [12], [16], [48].

Прикладами дефектів є овальність та конусоподібність гільз циліндрів двигуна, шийок колінчатого вала.

Для успішної боротьби із зносом циліндрів та гільз необхідно знати характер їх зносу, як по висоті, так і по колу циліндрів, а також причини, що викликають цей знос.

В процесі експлуатації двигуна, внутрішня робоча поверхня циліндрів нерівномірно зношується внаслідок тертя поршневих кілець, дії абразивних частинок та газової корозії [30].

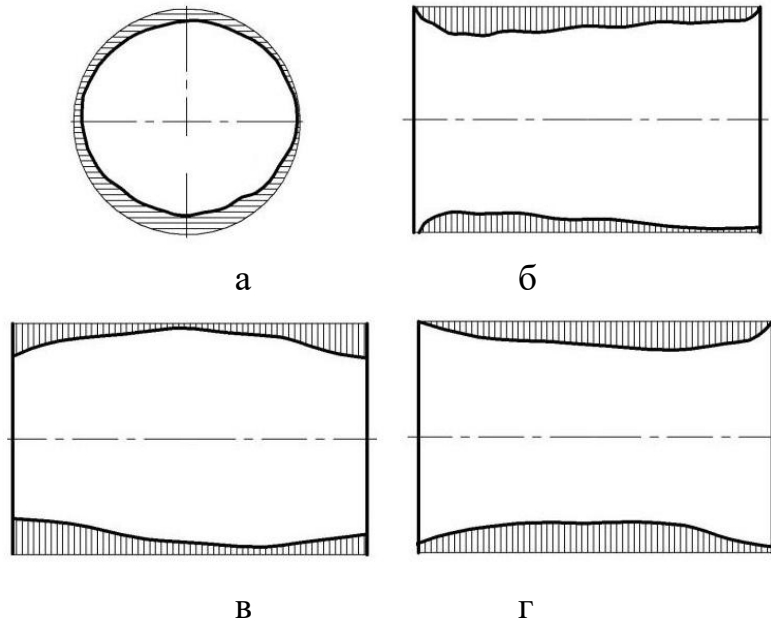
В більшості випадків, циліндрична форма гільзи по довжині робочої частини перетворюється в неправильний конус, а по циліндричності – в овал [8], [30]. Найбільше зношування гільзи циліндрів спостерігається в зоні верхнього компресійного кільця.

Колінчатий вал працює в складних умовах циклічних, інерційних та вібраційних навантажень, які нерівномірно впливають на шийки колінчатого вала й викликають неоднакове зношування по циліндричності. Найбільше зношування шатунних шийок обумовлене постійною дією інерційних сил.



Рисунок 4.1 – Класифікація дефектів деталей автомобілів [17]

Порушення точності взаємного розташування базових поверхонь (неперпендикулярність, неспіввісність та ін.) є одним з найпоширеніших дефектів деталей автомобілів: неспіввісність циліндричних поверхонь (наприклад, при розточуванні блоків циліндрів), зміна відстані між осями циліндричних поверхонь (як результат неправильного базування), непаралельність або неперпендикулярність осей та площин.



а – овальність; б – конусоподібність; в – бочкоподібність;
г – сідлоподібність

Рисунок 4.2 – Зміна форми шийок валів в результаті зносу [48]

Наявність цих дефектів може бути викликана впливом залишкових внутрішніх напружень, що виникли при виготовленні деталі, або залишкової деформації деталі, якщо напруги перевищували межу текучості при надмірних експлуатаційних навантаженнях.

Дефекти, що пов'язані з порушенням взаємного положення базових поверхонь, найчастіше виникають у корпусних деталях.

Деформація блоку циліндрів в процесі експлуатації викликає наступні дефекти: неспіввісність отворів в опорах під колінчатий вал, непаралельність осей цих отворів і осей отворів під втулки розподільного вала, порушення відстані між цими осями, непаралельність осей отворів у посадкових пасках під гільзи циліндрів щодо осі колінчатого вала тощо.

Механічні пошкодження (порушення цілісності) в деталях є результатом впливу цілого ряду несприятливих факторів: пікових навантажень, ударів, вібрацій, внутрішніх залишкових напружень та втоми [31].

Механічні пошкодження в деталях проявляються у вигляді тріщин, пробоїн, зламів та деформацій (вигину, скручування, жолоблення).

Тріщини виникають в деталях рам, блоках циліндрів, картерах коробок передач та задніх мостів. Причиною виникнення тріщин є навантаження, які перевищують допустимі норми, удари та вібрації.

Виникнення тріщин, а нерідко і полумок деталей, що працюють при знакозмінному навантаженні, відбувається через втомленість металу. Це має місце в листах ресор, деталях рами, колінчатих валах та шатунах.

Деформації (вигини) таких деталей, як шатуни, карданні вали, балки передніх мостів, деталі рам і кузовів, є результатом впливу великих згинальних моментів і динамічних навантажень, що перевищують допустимі значення.

Корозійні пошкодження (суцільні окисні плівки, плями, раковини та ін.) є наслідком хімічної або електрохімічної взаємодії металу деталі з корозійним середовищем [12], [31]. Корозійні та ерозійні руйнування виявляються, наприклад, у вигляді раковин, що утворюються при вигоранні металу під впливом гарячих газів (на фасках випускних клапанів, глушниках). При цих пошкодженнях відбувається окислення та відшаровування поверхневих шарів металу, наприклад, в деталях рам та кабін вантажних автомобілів, підвіски кузова легкових автомобілів, оперення та ін. Для підвищення корозійної стійкості, зокрема, днища автомобіля, застосовують оцинкований метал.

Зміна фізико-механічних властивостей матеріалу деталі в процесі експлуатації автомобіля може бути викликана наступними причинами:

- нагріванням металу в процесі роботи до температури, що перевищує допустимі для даної деталі;
- погіршенням пружних властивостей матеріалу деталі, наприклад, пружини, внаслідок накопичення втомних явищ;
- зношуванням поверхневого шару деталі, зміцненого методами хіміко-термічної обробки тощо [31].

Перелічені дефекти деталей, як правило, накопичуються, і якщо їх загальний вплив стає значним, то вони викликають часткову або повну відмову автомобіля.

В реальних умовах експлуатації спостерігаються поєднання дефектів деталей [12].

Класифікація дефектів дозволяє правильно обрати технологічний процес відновлення, розраховувати трудові та матеріальні витрати, планувати авторемонтне виробництво [31].

При виборі способу відновлення деталей велике значення мають розміри дефектів. Величина дефектів – кількісна характеристика відхилення фактичних розмірів і (або) форми деталей та їх поверхонь від номінальних значень. Виділяють три групи розмірів: до 0,5 мм; 0,5...2 мм та понад 2 мм [12].

Таким чином, під час експлуатації в деталях автомобілів виникають наступні характерні дефекти: зміна розмірів і форми базових поверхонь; порушення точності взаємного розташування базових поверхонь; механічні пошкодження; корозійні пошкодження; зміна фізико-механічних властивостей матеріалу деталі та ін. [16].

5 ДЕФЕКТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ

5.1 Загальні відомості

Дефектування – це технологічний процес оцінки технічного стану деталей шляхом порівняння фактичних показників з даними технічної документації та з подальшим сортуванням на групи [11], [12], [18].

Метою дефектування деталей автомобілів є визначення технічного стану під час надходження автомобілів та агрегатів на ремонті та виявлення всіх дефектів, які можуть вплинути на надійність та довговічність деталей при їх роботі до наступного капітального ремонту.

Для прийняття рішення відносно подальшого використання деталей керуються нормативно-технічними документами для даного виду та об'єкту ремонту. Наявність дефекту деталі виявляється шляхом порівняння фактичних (вимірних або визначених іншими методами) та нормативних значень параметрів стану, що вказані в технічній документації (технічними умовами, робочими кресленням деталі та ін.) [18].

Технічні вимоги на дефектування складають на підставі аналізу умов роботи деталі, її фізико-механічних властивостей та інших показників. В технологічних картах на дефектування вказують основні відомості про деталь, її матеріал та твердість, термічну обробку, а також можливі дефекти, способи їх виявлення, номінальні і граничні розміри та ін. [12].

Номінальний розмір – розмір, що служить початком відліку відхилень і щодо якого визначають граничні відхилення. Номінальні розміри знаходять розрахунком деталей на міцність і твердість, а також виходячи з досконалості геометричних форм і забезпечення технологічності конструкцій виробів [32].

Дійсний розмір – розмір, отриманий вимірюванням з допустимою похибкою [32]. Термін введений, тому що неможливо виготовити або відновити деталь з абсолютно точними необхідними розмірами і виміряти їх без внесення похибки.

Допустимий розмір деталі – це розмір, при якому деталь, що установлена під час капітального ремонту в автомобіль (агрегат), пропрацює до наступного капітального ремонту та її знос не перевищить граничного, тобто залишковий ресурс у деталі повинен бути не меншим від міжремонтного [12].

Граничні розміри деталі – два гранично допустимі розміри, між якими повинен знаходитися або яким може дорівнювати дійсний розмір придатної деталі [10]. Більший з них називають **найбільшим граничним розміром**, менший – **найменшим граничним розміром**. Позначають їх D_{max} та D_{min} – для отвору, d_{max} та d_{min} – для вала [32].

Граничний розмір деталі встановлюють на основі економічного і технічного критеріїв. Економічний критерій визначається граничним зниженням економічних показників – втратою потужності, зниженням продуктивності, збільшенням витрати палива, оливи тощо, а технічний – характеризується різким прискоренням зносу, яке може призвести до аварії [12].

В процесі дефектування проводиться контроль кожної деталі.

Перевіряють ті елементи деталі, які в процесі експлуатації мають знос або інші пошкодження. Можливі дефекти деталі виявляють на основі досвіду експлуатації і ремонту автомобілів (агрегатів), а також спеціальних науково-дослідних робіт [12].

Технічні вимоги до дефектування деталей (ТВ) встановлюють для кожної деталі у вигляді карти, в якій повинно бути вказано:

1) загальні відомості про деталь, включаючи ескіз із вказанням місць розташування дефектів, основні розміри деталі, матеріал і твердість, які беруться з робочого креслення цієї деталі;

2) перелік можливих дефектів, які встановлені на основі досвіду ремонту подібних дефектів;

3) способи виявлення дефектів з врахуванням новітніх досягнень в області дефектування деталей;

4) допустимі розміри деталі, при яких не потрібно виконувати ремонт;

5) рекомендовані способи усунення дефектів.

В нормативних документах (технічних вимогах) зазначено два **види оціночних параметрів** технічного стану деталей:

➤ **критерій допустимості подальшого використання деталі**, який забезпечує ресурс до наступного ремонту;

➤ **критерій граничного стану**, за якого деталь не може бути встановлена на автомобіль; таку деталь ремонтують (відновлюють), якщо це технічно можливо та економічно доцільно, або замінюють новою (запасною) деталлю.

Допустимим є такий **знос** деталі, при якому деталь, встановлена після капітального ремонту без ремонтного впливу, надійно працює до наступного капітального ремонту.

Причинами вибракування деталей може бути граничний та аварійний знос, при появі яких подальша експлуатація деталей стає неможливою.

Граничним є такий **знос** деталі, при якому вона не може бути використана без відновлення або повинна бути замінена на нову.

Під час дефектування необхідно дотримуватися наступного **порядку контролю**:

➤ **проведення візуального контролю** деталі (неозброєним оком) та виявлення **зовнішніх (явних) дефектів**: великих тріщин, пробоїн, зламів, задирки, елементів корозії та ін.;

➤ **виявлення** за допомогою пристроїв, пристосувань та інструментів **дефектів, які пов'язані з порушенням взаємного розташування базових поверхонь і фізико-механічних властивостей матеріалу** деталі;

➤ **перевірка** відповідальних деталей на наявність **внутрішніх (неявних) дефектів**: невидимих для ока тріщин та інших скритих дефектів;

➤ **визначення розмірів і форми базових поверхонь** деталі, якщо в деталі відсутні неприпустимі дефекти.

В результаті дефектування та сортування, яке проводять контролери після мийки й очищення від забруднень, деталі можуть бути розділені на три групи:

1) придатні деталі, якщо всі розміри відповідають технічним вимогам (характер і величина зносу знаходяться в межах, що допускаються технічними умовами);

2) непридатні деталі, якщо є непоправний дефект (тріщина, деформація тощо);

3) відновлювані деталі, якщо в деталі є дефекти, що підлягають відновленню згідно технічної документації (ТД) [12].

Результати дефектування фіксують шляхом маркування деталей фарбою відповідного кольору:

1) придатні для подальшого використання – зеленою фарбою;

2) придатні тільки у з'єднаннях з новими і відремонтованими до номінальних розмірів деталями – жовтою;

3) деталі, що підлягають відновленню на даному підприємстві – білою;

4) деталі, що підлягають відновленню на спеціалізованих ремонтних підприємствах – синьою;

5) непридатні (відбраковані) – червоною [18].

Після сортування, придатні деталі (тобто деталі, які використовуються без ремонту) відправляють у відділення комплектації, непридатні – на склад металобрухту або використовують як матеріал для виготовлення інших деталей. Деталі, що підлягають відновленню, транспортують на склад деталей, які чекають ремонту (ДЧР) [18].

Громіздки деталі (рами, кабіни, картери задніх мостів та ін.) контролюють безпосередньо на робочих місцях [18].

Таким чином, за допомогою дефектування виявляють можливість наступного використання деталей у вузлах: без відновлення, з відновленням або встановлюють їх непридатність для подальшої роботи, тобто вибраковують.

В результаті виявлення придатних і відновлюваних деталей визначається обсяг і характер ремонтних робіт і необхідне число нових деталей.

Результати сортування деталей враховуються у дефектувальних відомостях, які є початковим довідковим матеріалом (інформацією) для визначення або коректування коефіцієнтів придатності, змінності й відновлення, а їхній аналіз є підставою для ухвалення рішень з планування роботи підприємства, організації матеріально-технічного постачання [12].

Коефіцієнт придатності показує, яка частина деталей одного найменування може бути використана повторно без відновлення під час ремонту автомобілів (агрегатів) [12].

Коефіцієнт змінності показує, яка частина деталей одного найменування вимагає заміни під час ремонту автомобілів (агрегатів) [12].

Коефіцієнт відновлення характеризує частину деталей одного найменування, які необхідно відновлювати [12].

Обробка інформації, відображеної у дефектувальних відомостях, дає можливість визначити маршрутні коефіцієнти відновлення деталей [12].

Розвиток засобів і методів дефектування дозволяє покращити якість ремонту автомобілів.

5.2 Універсальні вимірювальні прилади та інструменти

Для контролю якості визначення технічного стану деталей під час дефектування, відновлення деталей при ремонті, складання вузлів та агрегатів використовують контрольно-вимірювальні інструменти.

Універсальні вимірювальні прилади та інструменти, які широко використовуються при дефектуванні деталей автомобілів, класифікують за принципом дії наступним чином:

– **механічні прилади**: лінійки, калібри-скоби, калібри-пробки, штангенциркулі, пружинні прилади (індикатори), мікрометричні прилади та ін., які мають такі переваги, як простота прийомів вимірювання, висока надійність вимірювань;

– **оптичні прилади**: окулярні мікрометри, вимірювальні мікроскопи, колімаційні і пружинно-оптичні прилади, інтерференційні засоби та ін., перевагою яких є висока точність вимірювань, а до недоліків можна віднести складності у налаштуванні приладів, недостатню надійність, високу вартість приладів;

– **пневматичні прилади**: довжиноміри, які використовуються в основному для вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів, відхилень форми поверхонь та ін.; перевагами є висока точність вимірювань і швидкодія; недоліком приладів є постійна потреба індивідуального тарування шкали з використанням еталонів;

– **електричні прилади** мають переваги: швидкодію, можливість зберігання результатів вимірювань, зручність керування; недоліком є висока вартість приладів [13].

Штангенциркулі використовують для вимірювання зовнішніх та внутрішніх розмірів деталей у випадках, коли допустимі менш точні вимірювання. Штангенциркулі мають різну ціну поділки (0,1 мм, 0,05 мм, 0,02 мм, 0,01 мм) [12], [13].

Штангенциркуль (рис. 5.1) складається зі штанги 1, на яку нанесена основна шкала з міліметровими поділками, і яка закінчується нерухожими губками 2 і 3; рамки з губками 5 і 6 і висувної лінійки 7, що призначена для вимірювання глибин [34]. Губки 3 і 6 призначені для вимірювання зовнішніх розмірів, а губки 2 і 5 – для вимірювання внутрішніх розмірів і розмітки. На рамці 4 міститься допоміжна шкала ноніус 8.

Зараз широко використовуються штангенциркулі з цифровою індикацією (рис. 5.2) [34].

Штангензубоміри використовують для вимірювання товщини зубів циліндричних зубчастих коліс [12].

Штангенглибиноміри використовують для вимірювання глибини отворів та висоти виїмок [12], [13].

Штангенглибиномір (рис. 5.3) складається зі штанги 1 з міліметровою шкалою, рамки 2 з плоскою основою 3, ноніуса 4, гвинта 5 для стопоріння рамки,

мікрометричного механізму 6 [34]. При вимірюванні необхідно площину 3 основи рамки притиснути до торцевої поверхні деталі, а торець штанги підвести до поверхні деталі, до якої проводиться вимірювання. Робочими поверхнями штангенглибиноміра є торцева поверхня штанги і нижня поверхня основи.

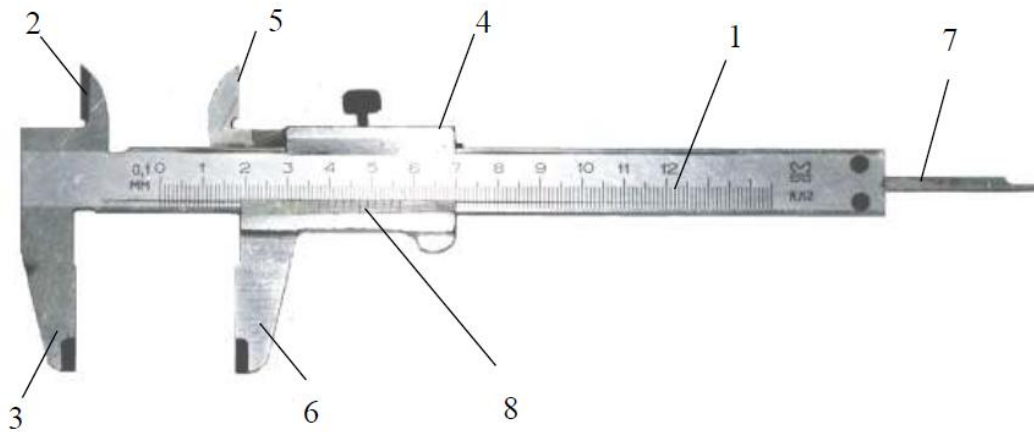


Рисунок 5.1 – Штангенциркуль типу ШЦ-I



Рисунок 5.2 – Штангенциркуль з електронним відліком

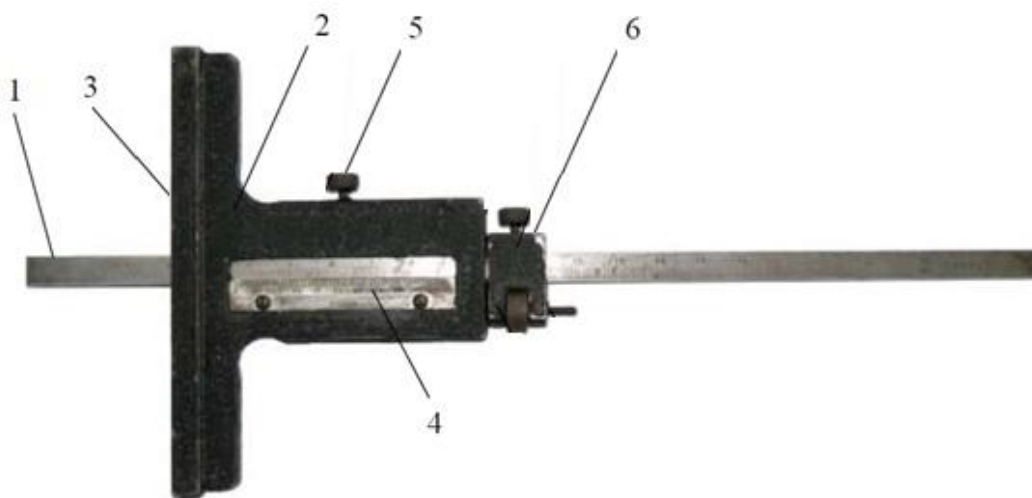


Рисунок 5.3 – Штангенглибиномір

Штангенрейсмус використовують для визначення висоти над площинами та радіуса кривошипа колінчатого вала.

Основними деталями штангенрейсмусів є основа *1*, на якій нерухомо встановлена вертикальна штанга *2* з міліметровою шкалою (рис. 5.4) [34]. Вздовж штанги переміщується рамка *3* з ноніусом *4* і стопорним гвинтом *5*. Це переміщення забезпечується механізмом мікрометричної подачі *6* при затягнутому гвинті *7*. На кронштейні рамки *3* закріплені змінні ніжки *8*.

Ніжка призначена для вимірювання висоти і має дві вимірювальні поверхні: нижню (плоску) і верхню (призматичну). Плоска поверхня використовується при вимірюванні зовнішньої висоти, а призматична – при вимірюванні внутрішньої висоти. При вимірюванні призматичною поверхнею необхідно до відліку по шкалі ноніуса додати висоту ніжки [34].

Штангенрейсмуси випускаються з діапазоном вимірювання від 0 до 2500 мм і поділками ноніуса 0,05 мм та 0,1 мм. Граничні похибки штангенрейсмусів приймаються рівними величинами відліку по ноніусу.

Використовуються також штангенрейсмуси з цифровим відліком (з ціною поділок 0,001 мм) (рис. 5.4, б).



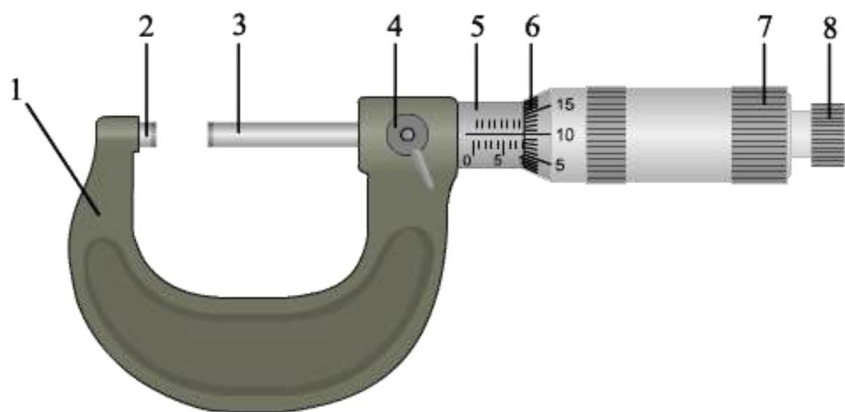
а – з мікрометричною подачею; б – з цифровим відліком
Рисунок 5.4 – Штангенрейсмус

Мікрометри використовують для точного вимірювання зовнішніх діаметрів валів, поршнів та інших деталей [12]. Мікрометри показують абсолютні розміри деталей. Вони мають різні діапазони вимірювання (0...25 мм, 25...50 мм, 50...75 мм, 100...125 мм та ін.) та ціну поділу (0,01 мм, 0,002 мм, 0,001 мм) [13]. Перед кожною серією вимірювань мікрометри потребують перевірки та, за необхідності, встановлення на «нуль».

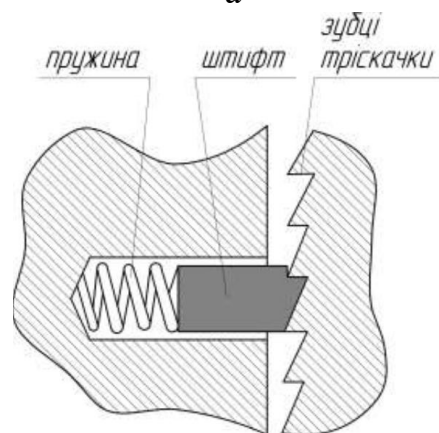
Мікрометр (рис. 5.5, а) складається зі скоби 1 з п'ятою 2 [34]. В правій частині скоби закріплено стебло 5 з гладким і різьбовим напрямними поясами, які служать опорою мікрометричного гвинта 3, який має крок різьби 0,5 мм. На кривому кінці гвинта є пояс, на якому посаджено барабан 6.

Щільне з'єднання барабану з пояском досягається нагвинчуванням на кінець барабану ковпачка 7. Обертання барабану і мікрометричного гвинта 3 здійснюється тріскачкою 8, яка створює вимірювальне зусилля в межах 7 ± 2 Н. На нижній поверхні тріскачки є зубці, які зчіплюються при обертанні тріскачки з штифтом (рис. 5.5, б) [34]. Якщо зусилля, яке з'являється під час контакту мікрометричного гвинта з деталлю, перевищує нормальне, тоді штифт віджимає пружину, в результаті чого тріскачка обертається вхолосту, не спричиняючи при цьому обертання барабану і мікрометричного гвинта.

Для фіксації показу мікрометричного гвинта служить стопор 4.



а



б

а – мікрометр типу МК; б – тріскачка мікрометра;

Рисунок 5.5 – Мікрометр

Мікрометр має 2 шкали: повздовжню – на стеблі 5 і колову – на зрізі барабана 6. Повздовжня шкала має два ряди штрихів, зміщених один відносно одного. Колова шкала мікрометра складається з 50 штрихів.

Використовуються також мікрометри з цифровим відліком (рис. 5.6) [34].



Рисунок 5.6 – Мікрометр з цифровим відліком

Для вимірювання товщини деяких криволінійних деталей (вкладиші, втулки та ін.) використовують **мікрометр з кулькою** або **спеціальні мікрометри** та спеціальні прилади – **товщиноміри** [13].

Для контролю валів використовують **калібри-скоби**, для контролю отворів – **калібри-пробки** [12]. Ці інструменти показують відхилення розміру від «нуля» (розмір приладу) та мають ціну поділки 0,002 або 0,001 мм [13].

Стан різьби різьбових з'єднань перевіряють накрученням (вкручуванням) **різьбових калібрів** (пробкою, кільцем). Різьбові калібри-вставки призначені для контролю різьбових отворів з різьбою діаметром від 10 до 12 мм і від 27 до 45 мм [33].

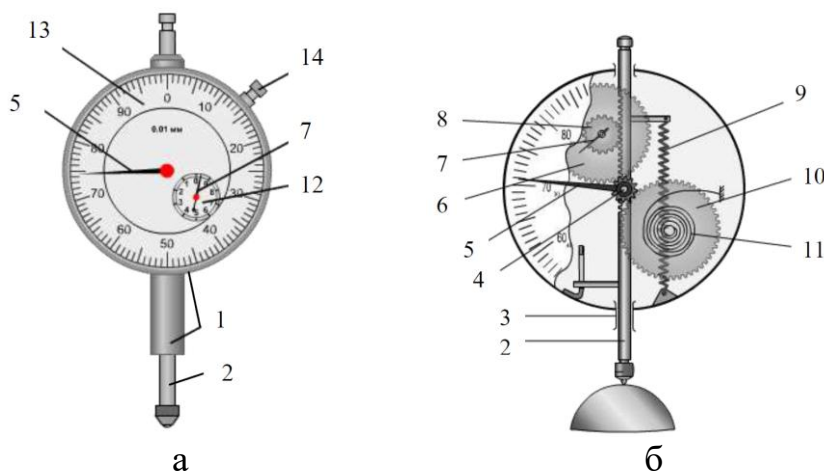
Для вимірювання лінійних розмірів та відхилень форми використовують **індикатори годинникового типу**, які кріпляться чи переміщуються на стійці чи штативі (рис. 5.7) [12].



Рисунок 5.7 – Схема установки індикатора годинникового типу

Індикатор годинникового типу є важільно-механічним приладом із зубчастою передачею. Індикатори годинникового типу широко використовуються в різних приладах, а також спільно із штативами і стояками при вимірюванні овальності, конусоподібності, биття, співвісності та ін., відхилень форми і розміщення поверхонь деталей як безпосередніми, так і відносним методами. Індикатори випускаються з ціною поділки 0,01 та 0,002 мм і діапазоном вимірювання 0...2, 0...3, 0...5, 0...10 мм, а також з цифровим відліком [13], [34].

Індикатор годинникового типу (рис. 5.8, а) складається з корпусу 1, в направляючих втулках 3 якого переміщується вимірювальний стрижень 2 [34]. Середня частина стрижня виконана у вигляді рейки, яка знаходиться в зачепленні із шестернею 8, яка має 16 зубців. На осі шестерні $Z=16$ насаджена шестерня 6 з числом зубців $Z=100$, яка входить в зачеплення з шестернею 4, яка має 10 зубців (рис. 5.8, б) [34]. Для усунення впливу зазорів між зубцями шестерень на хід стрілки і точність показань приладу передбачена шестерня 10, яка знаходиться під дією спіральної пружини 11. Пружини 11 і 9 забезпечують беззазорне зачеплення усіх шестерень зубчатої передачі. Пружина 9, крім того, служить для забезпечення необхідного вимірювального зусилля в межах 80...200 г.



а – загальний вигляд; б – зубчаста передача
Рисунок 5.8 – Індикатор годинникового типу

Індикатор годинникового типу має два циферблати: великий циферблат 13, який використовується для відліку сотих частин міліметра (велика стрілка 5), і малий циферблат 12, який використовується для відліку цілих міліметрів. Стрілка малого циферблата 7 насаджена на осі шестерні 8. Передаточне відношення зубчатої передачі підібрано таким чином, щоб при повороті стрілки на кут, відповідний одній поділці циферблата 13, вимірювальний стрижень переміщується на 0,01 мм. Циферблат має 100 поділок, отже, один оберт стрілки відповідає переміщенню вимірювального стрижня на 1 мм (мала стрілка переміститься на одну поділку циферблата 12). Установка індикатора на нуль

проводиться прокручуванням циферблата за ободок. Для стопоріння ободка застосовується стопор 14 [34].

Індикаторні нутроміри з комплектом змінних вимірвальних вставок використовують для вимірювання внутрішніх розмірів відносним методом [12].

Індикаторний нутромір – відносний прилад, який перед вимірюванням повинен бути налаштований на «нуль», а при вимірюваннях показує величину відхилення розміру від нуля. Нутроміри мають різні діапазони вимірювань: 6...12, 12...25, 18...30, 25...50, 50...100 мм та ін. (рис. 5.9) [13], [33].



Рисунок 5.9 – Нутроміри індикаторні і мікрометричні

Нутромір складається з корпусу 1 з дерев'яною накладкою 2, вимірвальних стрижнів 3 і 4, передаточного механізму 5 і 6 та індикатора годинникового типу 7, який знаходиться у кожусі 13 (рис. 5.10). З лівого боку корпусу встановлюється рухомий вимірвальний стрижень 4, який проходить через пружний місток 8. З правого боку корпусу вкручується змінний вимірвальний стрижень 3, закріплений контргайкою 9. Переміщення рухомого вимірвального стрижня 4 за допомогою кутового важеля 5 з віссю обертання 10 передається через кульку 12 на стрижень і далі на індикатор 7. Стрижень 6 перебуває під дією пружини 11, яка забезпечує вимірвальне зусилля 0,8...2 Н [34].

Для точного вимірювання діаметрів коротких отворів використовують **мікрометри-нутроміри**, які показують абсолютний розмір отвору деталі та дозволяють перевіряти розміри отворів у важкодоступних місцях [13].

Для вимірювання биття різних валів використовується штатив з магнітною основою та **вимірвальний індикатор** [13]. Вали закріплюються в центрах (наприклад, токарного верстату) або на призмах.

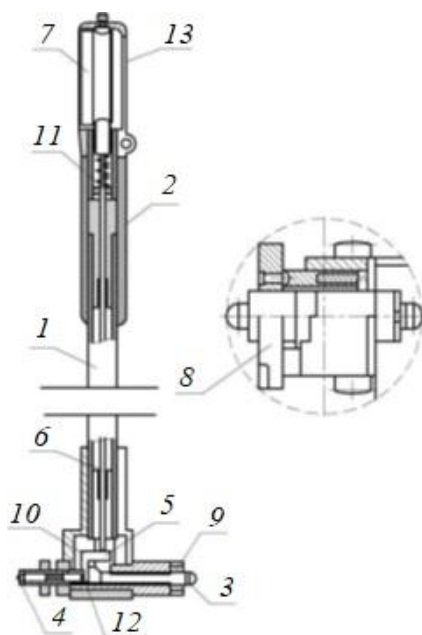


Рисунок 5.10 – Схема індикаторного нутроміра

Для перевірки величини зазору між поверхнями використовуються щупи з наборами пластинок товщиною від 0,03 мм до 1 мм (рис. 5.11) [12].



Рисунок 5.11 – Щуп

Для дефектування та перевірки валів та інших деталей використовуються **повірочні плити** різних розмірів.

Для перевірки прямолінійності та перпендикулярності поверхонь корпусних деталей, наприклад, для перевірки площин головки і блоків циліндрів використовують **лекальні лінійки**, «трьох» або «чотирьох» гранні довжиною 350...1000 мм. Для визначення деформації лінійка встановлюється на площину, а під її середню частину підкладаються щупи із набору 0,02...0,50 мм. Для перевірки перпендикулярності слугують лекальні кутники [13].

Для визначення товщини стінок корпусних деталей використовується спеціальний прилад – **стінкомір**.

Перед складанням двигуна часто виникає потреба підбору за масою однотипних деталей (поршнів, шатунів та ін.). Для цього використовують ваги, в тому числі електронні, які крім абсолютного значення маси деталі, показують різницю в раніше зафіксованому «базовому» значенні. Точність електронних ваг досягає 0,01...0,10 г.

5.3 Основні методи дефектування

Для реалізації завдань дефектування використовують різні **методи**: органолептичні, інструментальні та апаратурні (рис. 5.12).

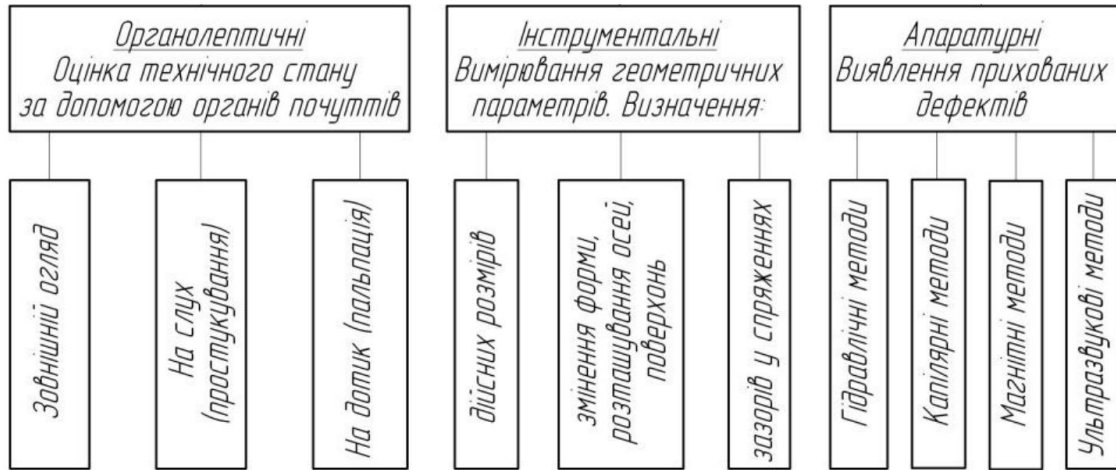


Рисунок 5.12 – Методи виявлення дефектів [33]

Органолептичні методи оцінки технічного стану деталей виконуються за допомогою органів почуття [14], [17]. До органолептичних методів належать: зовнішній огляд, простукування, на дотик.

Зовнішній огляд застосовується для візуального визначення технічного стану всіх деталей і вузлів та виявлення таких явних дефектів, як поломки, викривлення, тріщини, погнутість, пошкодження різьби, пробоїни та ін. [12].

Простукування призначене для визначення стану нерухомих з'єднань. Цим способом виявляють ослаблення посадок заклепок, шпильок, штифтів, втулок, кілець, наявність тріщин в корпусних деталях [17]. При легкому простукуванні всі деталі з щільними і нерухомими посадками видають дзвінкий, металевий звук, а у разі тріщин або послабленої посадки – глухий.

Перевірка на дотик дозволяє визначити наявність зазору, плавність обертання, взаємне переміщення деталей, вільний хід важелів, еластичність гумовотехнічних деталей, наявність місцевого зношування [33].

Органолептичні методи мають суб'єктивний характер, тому не дозволяють дати остаточний висновок про фактичний технічний стан деталі [33].

Якщо дефектування деталей органолептичними методами показало, що в деталі відсутні неприпустимі дефекти, тоді дефектування виконують **інструментальними методами** за допомогою спеціальних інструментів, пристосувань, приладів та устаткування [14]. Інструментальні методи дозволяють виявити дефекти, що пов'язані з порушенням взаємного розташування базових поверхонь і фізико-механічними властивостями матеріалу деталей, а також визначити дійсні розміри і форми базових поверхонь деталей, зазори у спряженнях.

Контроль взаємного розташування базових поверхонь полягає в перевірці відхилень від співвісності, перпендикулярності, паралельності осей або площин тощо.

Відхилення від співвісності шийок валів (рис. 5.13) оцінюються за допомогою індикаторів годинникового типу із ціною поділу 0,01 мм шляхом базування деталі в центрах та обертання її навколо осі [13], [16], [29], [31]. Величина радіального биття шийок (неспіввісність) визначається як різниця відхилень індикаторів.



Рисунок 5.13 – Схема контролю неспіввісності шийок валів

Відхилення від перпендикулярності фланця до осі вала оцінюється за допомогою індикаторної головки, яка встановлена перпендикулярно до торця фланця на можливо більшому віддаленні R від осі вала (рис. 5.14) [13], [16], [29], [31]. При обертанні вала, величина биття торця фланця відносно осі вала визначається за різницею максимального й мінімального відхилення стрілки індикатора.

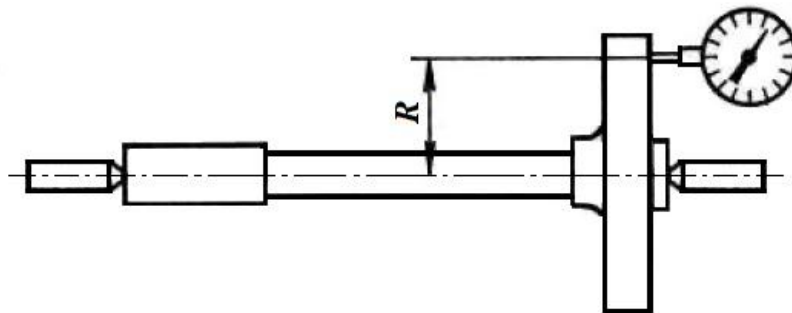
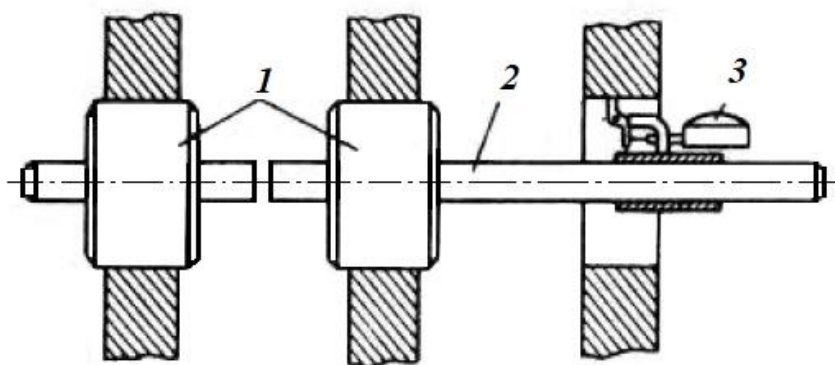


Рисунок 5.14 – Схема контролю неперпендикулярності фланця до осі вала

Відхилення від співвісності отворів в корпусних деталях, наприклад, неспіввісність отворів під корінні підшипники колінчатого вала, перевіряється за допомогою оправки 2 – довгого вала із прямолінійною віссю (рис. 5.15) [13], [16]. Оправка встановлюється у крайніх отворах корпусу до двох опорних базових втулок 1. Для контролю биття кожного отвору на оправці закріплюють індикатор 3, який при обертанні разом з оправкою навколо осі забезпечує контроль з точністю 0,01 мм.

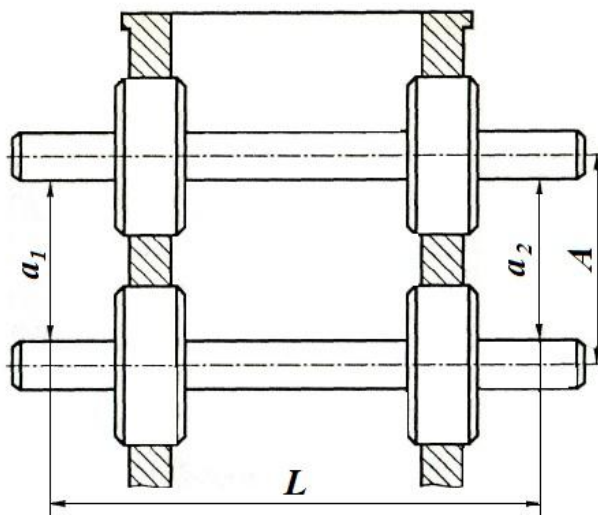
Відхилення осей отворів від паралельності контролюють за допомогою втулок, що базують осі отворів, і двох оправок (рис. 5.16) [12], [13], [16].

Різниця відстаней a_1 та a_2 між оправками, яка вимірюється щупом, характеризує непаралельність осей.



1 – втулки; 2 – оправка; 3 – індикатор

Рисунок 5.15 – Схема контролю неспіввісності отворів у корпусних деталях

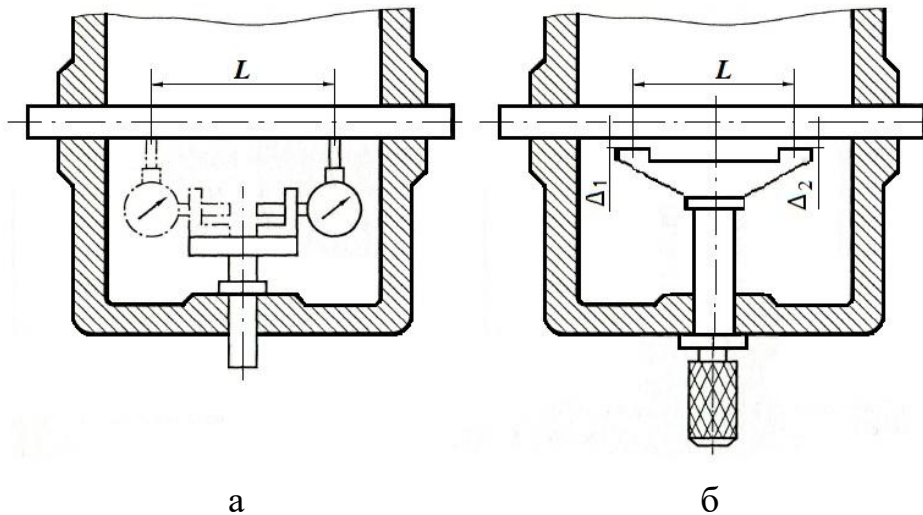


A – відстань між осями; L – відстань між точками вимірювання значень a_1 і a_2

Рисунок 5.16 – Контроль непаралельності осей отворів

Відхилення осей отворів від перпендикулярності до осі вала контролюють за допомогою поворотного пристосування, яке оснащено індикаторною головкою (рис. 5.17, а) [12], [13], [16]. При повороті пристосування, індикаторна головка торкається вала спочатку з одного, а потім з іншого боку, що і показує величину зміщення осі. На рис. 5.17, б наведений приклад визначення відхилення від перпендикулярності за допомогою щупа [12], [16].

Знос деталей визначають за допомогою різних способів вимірювання універсальними і спеціальними вимірювальними засобами. Вибір засобів і методів вимірювань залежить від точності визначення розмірів, конструктивних особливостей деталей, частоти вимірювань (типу виробництва). Необхідно прагнути, по можливості, застосовувати прості методи і засоби вимірювань.



а – поворотом індикаторної головки на кут 180° ; б – контролем зазорів Δ_1 і Δ_2 щупом; L – відстань між точками контролю
 Рисунок 5.17 – Контроль неперпендикулярності осей отворів до осі вала

Знос циліндрів двигунів визначають за допомогою індикаторного нутроміра (рис. 5.18), шляхом вимірювання діаметра в трьох поясах по висоті циліндра та у двох взаємно перпендикулярних напрямках [18].

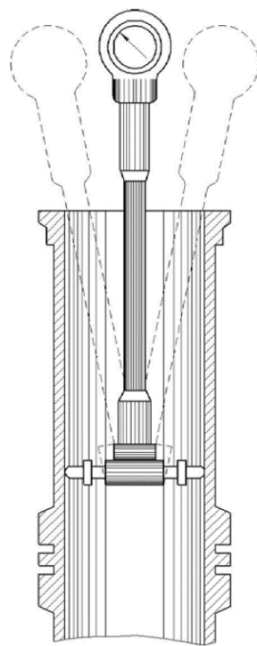


Рисунок 5.18 – Визначення спрацювання циліндра двигуна індикаторним нутроміром

Вали вибраковуюються за наявності тріщин, раковин, глибоких вибоїн на робочих поверхнях шийок. Тріщини і раковини валів виявляють зовнішнім оглядом і одним з методів дефектоскопії [18].

Граничні розміри шийок валів визначають вимірюванням з необхідною точністю. **Спотворення геометричної форми** (овальність, конусоподібність) шийок колінчатих валів вимірюють за допомогою мікрометра в двох взаємно перпендикулярних площинах (в площині кривошипів та перпендикулярній до неї) [18].

Прогин колінчатих, розподільних та інших валів визначають в центрах токарного верстата або в призмах. При цьому щуп індикаторної головки встановлюють в крайній верхній точці А (рис. 5.19) по середній корінній шийці колінчатого вала або середині вала. Потім легким рухом руки повертають вал в центрах; відхилення стрілки показує величину прогину вала [18].

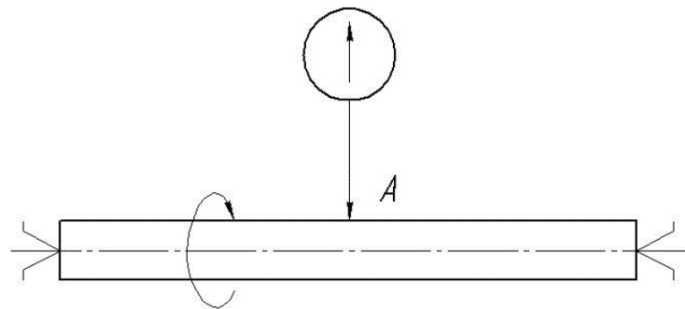
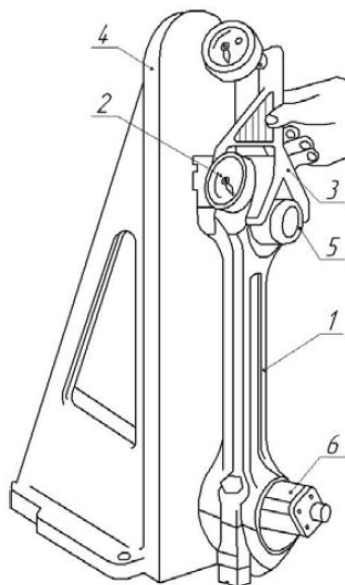


Рисунок 5.19 – Визначення прогину вала, який встановлений в центрах, за допомогою індикатора годинникового типу

Згин та скрученість шатунів визначають на пристосуванні (рис. 5.20) із строго вивіреними оправками [18]. Відхилення стрілки верхнього індикатора показує прогин, а бічного – скрученість шатуна.



1 – шатун; 2 – індикатор; 3 – призма; 4 – плита;
5 – поршневий палець; 6 – оправка

Рисунок 5.20 – Пристосування для визначення згину та скрученості шатунів

Підшипники кочення оцінюють в основному за зовнішніми ознаками і результатами вимірювання осьового та радіального зазорів. При огляді виявляють плями корозії, стан бігових доріжок, кілець, кульок або роликів, сепараторів. При виявленні тріщин, раковин, надломів цих деталей підшипник вибраковуюють. Потім перевіряють легкість обертання підшипника від руки; заїдання і шуми при цьому недопустимі. Осьовий і радіальний зазори визначають на спеціальному пристосуванні [18], [47].

Корпусні деталі контролюють на герметичність гідравлічним методом. Зноси отворів визначають нутромірами, пробками та іншими засобами. Різьби контролюють новими болтами, різьбовими калібрами і зовнішнім оглядом [18].

Відповідальні деталі перевіряють на наявність внутрішніх (неявних) дефектів.

Внутрішні (неявні) дефекти деталей визначають за допомогою методів: магнітної, люмінесцентної, ультразвукової дефектоскопії, методу фарб, а також гідравлічним і пневматичним випробуваннями [13], [14], [18]. Ці методи дозволяють виявляти приховані тріщини, раковини у валах, металоконструкціях.

Метод опресування використовують для виявлення внутрішніх дефектів в порожніх деталях, наприклад, для виявлення тріщин в блоках циліндрів, у оболонках корпусних деталей. Існують гідравлічне та пневматичне опресування. При **гідравлічному опресуванні** зовнішні отвори деталі закривають кришками і заглушками; оболонку (порожнину) деталі заповнюють гарячою водою під тиском 0,3...0,4 МПа; про наявність тріщини судять по наявності течі [33].

При **пневматичному опресуванні** в порожнину деталі подається стиснуте повітря. Шви корпусу або всю поверхню виробу покривають мильним розчином. Невеликі за габаритами деталі поміщають у ванну з водою. Поява пухирців повітря вказує на наявність тріщини та її місце. Більш чутливим є пневматичний метод.

Метод **магнітно-порошкової дефектоскопії** використовують для деталей з ферромагнітних матеріалів (сталей, чавунів) [14], [18]. Деталь, наприклад, шатун очищують металевою щіткою до металевого блиску та встановлюють на приладі для намагнічування або на спеціальному дефектоскопі. Деталь намагнічують шляхом пропускання постійного електричного струму. При циркулярному намагнічуванні краще виявляються повздовжні тріщини. При повздовжньому намагнічуванні в соленоїді краще виявляються поперечні тріщини.

На контролюємій ділянці намагніченої деталі наносять суспензію на основі керосину (60 %) та трансформаторної оливи (40 %), а також ферромагнітний порошок оксиду заліза Fe_3O_4 (крокус), молоту чавунну стружку або відсепарований наждачний пил після полірування сталевих деталей. Концентрація суспензії – 50 г порошку на 1 dm^3 рідинної суміші. Порошок можна наносити і в сухому вигляді. Магнітні силові лінії проходять крізь деталь і коли зустрічають на своєму шляху дефект (наприклад, тріщину), тоді огинають його як перешкоду, виходять на поверхню деталі і вказують таким чином місце розташування тріщини. Метод магнітно-порошкової дефектоскопії заснований

на зміні положення частинок магнітного порошку в місцях виходу магнітного потоку на поверхню деталі і дозволяє знаходити тріщини шириною до 1 мкм. Для підвищення продуктивності, допускається занурювання намагніченої деталі в ванну з суспензією.

Комбіноване намагнічування, що поєднує циркулярне та поздовжнє намагнічування, є універсальним методом, який дозволяє виявляти тріщини будь-яких напрямків.

Метод магнітно-порошкової дефектоскопії дозволяє проводити контроль деталей різної конфігурації та розмірів, показує велику чутливість й достовірність контролю, має високу продуктивність.

Після контролю на магнітних дефектоскопах деталі слід розмагнітити. Для цього через них пропускають змінний струм, силу якого поступово зменшують.

Для магнітно-порошкової дефектоскопії застосовуються різні дефектоскопи: стаціонарні універсальні (рис. 5.21), переносні та пересувні [12].

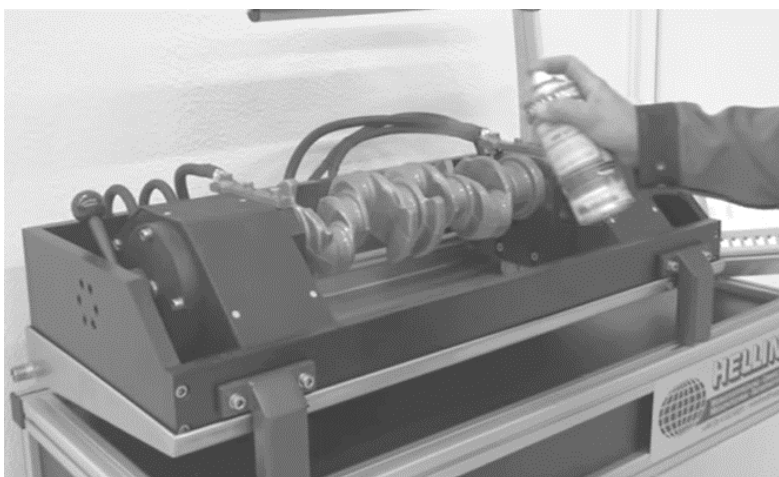


Рисунок 5.21 – Магнітно-порошковий дефектоскоп Universal 450 [12]

Ультразвуковий метод виявлення прихованих дефектів заснований на властивості ультразвукових хвиль проходити крізь товщу металу та відбиватися як від протилежної поверхні деталі, так і від наявного всередині деталі дефекту [13], [14], [18].

Ультразвуковий метод дозволяє виявляти дрібні дефекти розміром до 1 мм.

Сьогодні існує велика кількість методів ультразвукового дослідження деталей автомобілів, серед яких широке використання отримали наступні методи:

➤ тіньовий (метод проходження) – ультразвукові коливання вводяться в деталь з одного боку, а приймаються з іншого;

➤ ехо-метод (метод відображення) – заснований на посиленні в контрольовану деталь коротких імпульсів високочастотних коливань з подальшою реєстрацією інтенсивності та часу проходження ехосигналів, що відбиваються від дефектів або меж деталі (рис. 5.22) [11], [12], [17].

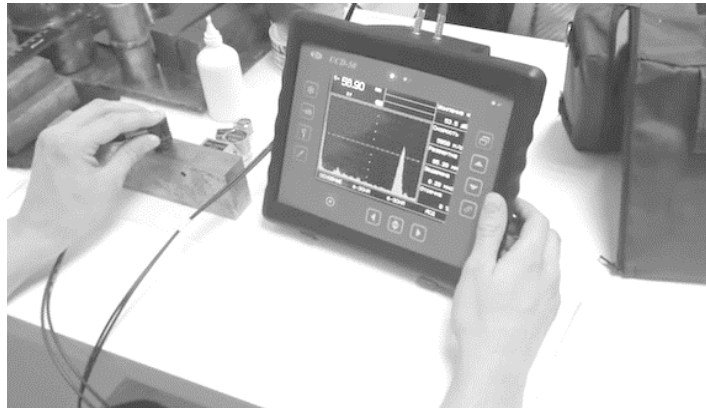


Рисунок 5.22 – Ультразвуковий дефектоскоп [12]

Люмінесцентний (флуоресцентний) контроль заснований на властивості деяких речовин світитися при опроміненні їх ультрафіолетовими променями [11]–[14], [18]. Очищену та знежирену деталь спочатку занурюють у ванну з флуоресцентною рідиною (50 % гасу, 25 % бензину і 25 % трансформаторної оливи з добавкою флуоресцентного барвника). Флуоресцентна рідина проникає в наявні капіляри (тріщини) і там утримується. Потім деталь промивають водою, просушують струменем теплого повітря і припудрюють порошком силікагелю (SiO_2), який витягує флуоресцентну рідину з можливої тріщини на поверхню деталі. При опроміненні деталі ультрафіолетовими променями від порошку силікагелю, просоченого флуоресцентною рідиною, буде утворюватися яскраве зелено-жовте світіння, що виявляє межі тріщини. Цим методом можна виявити тріщини шириною понад 10 мкм в деталях з будь-яких, у тому числі і немагнітних, матеріалів. Контроль деталі можна проводити через 1...2 хв після нанесення порошку силікагелю, проте мікроскопічні тріщини виявляються тільки через 10...15 хв.

Метод фарб (колірна дефектоскопія) заснований на взаємній дифузії рідких фарб [13]. На контрольовану поверхню деталі, попередньо знежирену розчинником, наносять червону фарбу, розведену гасом. Фарба проникає у тріщини. Потім червону фарбу змивають розчинником і поверхню деталі покривають білим кресаксом. Через кілька секунд на білому тлі з'являється малюнок тріщини, ширина якої збільшується в кілька разів. Даний метод дозволяє виявляти тріщини шириною понад 20 мкм.

Одним з різновидів капілярної дефектоскопії є **випробування гасом** (метод яскравості капілярної дефектоскопії), який має гарну змочувальну здатність. При контролі зварних швів на одну з поверхонь виробу наносять гас, а на протилежну – адсорбуюче покриття (суспензія меленої крейди на воді). Наявність наскрізної тріщини визначають по жовтих плямах гасу на крейдяній обмазці.

Після розшифрування і аналізу результатів контролю проводять очищення контрольованих поверхонь шляхом протирання, промивання, обдування тощо [12].

6 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО ВІДНОВЛЕННЯ АВТОМОБІЛІВ

Система ремонту автомобілів є сукупністю взаємодіючих засобів ремонту, виконавців, технологій та нормативно-технічної документації, що забезпечує працездатний стан автомобілів [12].

Система ремонту автомобільного транспорту виконується згідно з «Положенням про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту», що затверджене наказом Мінтрансу України № 102 від 30.03.98 р., та наказом Міністерства інфраструктури України № 615 від 28.11.2014 «Про затвердження правил надання послуг з технічного обслуговування і ремонту колісних транспортних засобів» [8], [9].

Капітальний ремонт – ремонт, який виконується для відновлення справності та повного або близького до повного відновлення ресурсу виробу із заміною чи відновленням будь-яких частин, у тому числі базових [8].

Капітальний ремонт автомобілів виконується за потреби, згідно з результатами діагностики технічного стану, і призначений для продовження строку експлуатації дорожнього транспортного засобу [8].

До капітального ремонту належать роботи, які пов'язані із заміною кузова для автобусів та легкових автомобілів, рами – для вантажних автомобілів або одночасною заміною не менш трьох базових агрегатів.

Базовою частиною легкового автомобіля та автобуса є кузов, вантажного автомобіля – рама. До базових деталей агрегатів належать: у двигуні – блок циліндрів; у коробці передач, задньому мосту, рульовому механізмі – картер; у передньому мості – балка переднього моста або поперечина незалежної підвіски; у кузові або кабіні – корпус; у рамі – поздовжні балки (лонжерони) [8], [12].

Важливим завданням при виконанні ремонту (відновлюванні) деталей автомобілів є зменшення собівартості ремонту при забезпеченні післяремонтного ресурсу [12].

Технології відновлення деталей автомобілів відносяться до ресурсозберігаючих, тому що в порівнянні з виготовленням нових деталей дозволяють скорочувати витрати до 70 % [12].

Відновленню підлягає велика кількість деталей автомобілів, у яких величина їх зносу виходить за межі допустимих значень. Деталі, які підлягають відновленню, складають 40...55 % від кількості деталей, які були в експлуатації [12]. Прикладом деталей, які підлягають відновленню, є складні та металомісткі деталі високої вартості – колінчаті та розподільні вали, головка та блок циліндрів, ходові вали та ін.

В якості основних об'єктів проектування при відновленні деталей автомобілів виступають деталь та технологічний процес відновлення [31].

Так як відновлення деталей носить комплексний характер, то необхідно використовувати системний підхід.

Деталь – як об'єкт проектування – відповідає усім вимогам поняття системи, тобто має цілісність та складається з взаємозалежних частин. Такими

частинами є поверхні тертя, опорні, закріплювальні, сполучні та інші поверхні, між якими існують визначені відношення. Наприклад, співвідношення між шорсткістю та відхиленням форми циліндричності [31].

Деталь, як система, може поділятися на підсистеми та структурні складові (елементи).

Технічними показниками придатності деталей до відновлення є:

- застосування ремонтних розмірів та змінних елементів;
- наявність та стабільність технологічних баз, мінімальна кількість перевстановлень деталі при механічній обробці в процесі відновлення;
- наявність обладнання й оснащення для реалізації процесу відновлення;
- кількість типових поверхонь на деталі та їхній взаємозв'язок;
- кількість дефектів деталі в цілому і їхня повторюваність та ін. [31].

Технологічний процес відновлення деталей представляє також комплекс взаємозалежних елементів, у якості яких виступають деталь, технологічні операції, режими, обладнання [31].

У структурному відношенні технологічний процес відновлення деталі можна розглядати як сукупність способів усунення дефектів [31].

Відновити зношену деталь або зношене спраження – це означає відновити первинні (або близькі до них) геометричні, фізико-механічні, фізико-хімічні та інші характеристики (властивості), іншими словами, усунути експлуатаційні дефекти, відновити розміри, геометричну форму, структуру та фізико-механічні властивості деталей автомобілів відповідно до технічних вимог [18].

Залежно від характеру дефектів, що усуваються, усі способи відновлення деталей поділяються на три основні групи:

- відновлення деталей з механічними ушкодженнями;
- відновлення деталей зі зношеними поверхнями;
- відновлення деталей з ушкодженнями антикорозійних покриттів (рис. 6.1) [12].

При технологічному проектуванні намічаються чотири основних рівні:

- рівень технологічного процесу;
- рівень технологічного способу;
- рівень операції;
- рівень переходу [31].

Технологічний процес – частина виробничого процесу, яку виконують планомірно й послідовно, у результаті чого змінюється агрегатний стан чи властивості предмета праці [12].

Технологічна операція – завершена частина технологічного процесу, яку виконують на одному робочому місці; визначається сукупністю робочих дій, які характеризуються однорідністю технологічного змісту та єдністю предмету праці, застосовуваних інструментів, обладнання та пристроїв. Технологічна операція є основною розрахунковою одиницею для планування завантаження обладнання, визначення продуктивності праці та нормування праці.

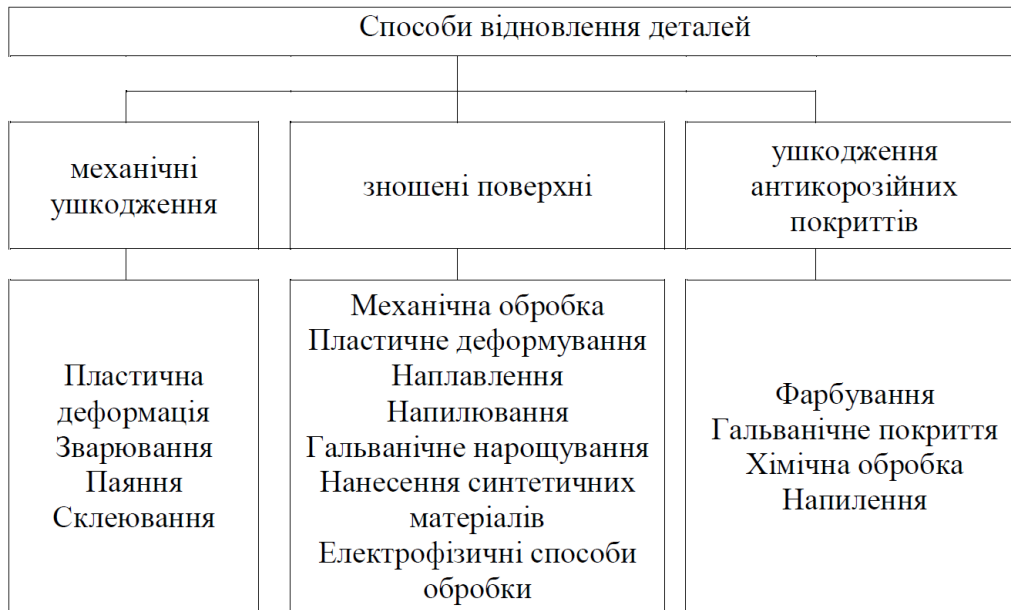


Рисунок 6.1 – Класифікація сучасних способів відновлення деталей [12]

Технологічна операція складається з наступних елементів:

- технологічний перехід – завершена частина технологічної операції, що виконується одними й тими ж засобами технологічного оснащення при постійних технологічних режимах та установці;
 - елементарний перехід – один інструмент обробляє одну поверхню;
 - інструментальний перехід – два інструменти послідовно обробляють одну і ту ж поверхню, наприклад, виконуються центрування та торцювання;
 - блоковий перехід – забезпечується одночасна обробка кількох поверхонь деталі блоком інструментів;
 - позиційний перехід – деталь обробляється одночасно трьома інструментами, наприклад, виконується фрезерування відразу трьох фланців корпусної деталі;
 - допоміжний перехід – завершена частина технологічної операції, що складається з дій робітника і (або) обладнання, що не супроводжуються зміною форми, розмірів і шорсткості поверхні предмету праці, але необхідних для виконання технологічного переходу [27].

Технологічні операції класифікують наступним чином:

- автоматизовані операції – виконуються машинами під наглядом робітника;
 - автоматичні операції – виконуються без участі робітника спеціальними машинами, які управляються за попередньо розробленими програмами з використанням сучасної комп'ютерної та мікропроцесорної техніки;
 - апаратні операції – виконуються в спеціальних апаратах в автоматичному або автоматизованому режимі;
 - машинні операції – повністю механізовані;
 - машинно-ручні операції – механізовані;
 - ручні [12].

7 ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

Практична робота 1

Дефектування блока циліндрів і гільз

Мета практичної роботи та результати навчання

Метою практичної роботи є надбання практичних навичок виявлення дефектів та визначення технічного стану блока циліндрів і гільз циліндрів двигуна, а також використання засобів контролю дефектів та технічних умов на дефектування.

В результаті виконання практичної роботи здобувачі зможуть набути таких умінь і навичок:

- володіння методикою визначення технічного стану блока циліндрів і гільз циліндрів двигуна;
- уміння самостійно аналізувати технічний стан блока циліндрів і гільз циліндрів двигуна.

Завдання і тривалість роботи

- 1 Підготовка вихідних даних для дефектування деталей.
- 2 Визначення технічного стану конструктивних елементів деталей, що дефектуються.
- 3 Сортування деталей за результатами контролю.
- 4 Призначення способів ремонту та зміст операцій для усунення дефектів деталей категорії «В ремонт».
- 5 Оформлення звіту за результатами практичної роботи.

Відповідно до робочої програми навчальної дисципліни, на виконання практичної роботи відведено 4 академічні години, з яких: аудиторні заняття – 2 години, самостійна робота – 2 години.

Теоретичні положення

Конструктивно-технологічна характеристика деталей. Блок циліндрів відноситься до класу «товстостінних корпусних деталей» і є складною корпусною деталлю, яка забезпечує конструктивну жорсткість двигуна (рис. 1.1) [39].

Основні конструктивні елементи блоку циліндрів: стінки оболонки охолодження, посадочні отвори під втулки розподільного вала, посадочні отвори під гільзу, гнізда під вкладиші корінних підшипників, поверхні прилягання до головки блоку, кришки розподільних шестерень, картера зчеплення та ін. [39], [40].

Матеріалом блока циліндрів можуть бути сірі чавуни (наприклад, сірий чавун марок СЧ150, СЧ250), леговані чавуни, алюмінієві сплави (наприклад, АЛ4) та інші сплави [21], [22], [39].

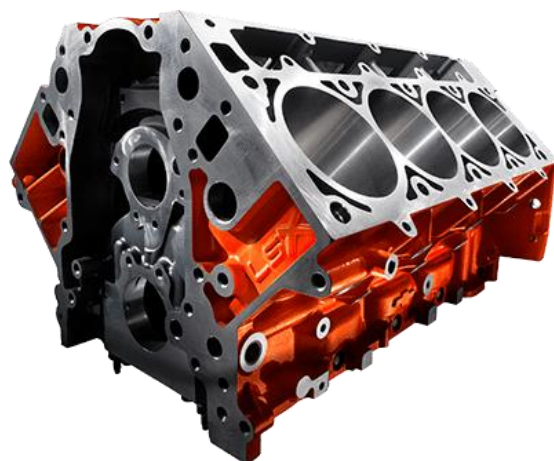
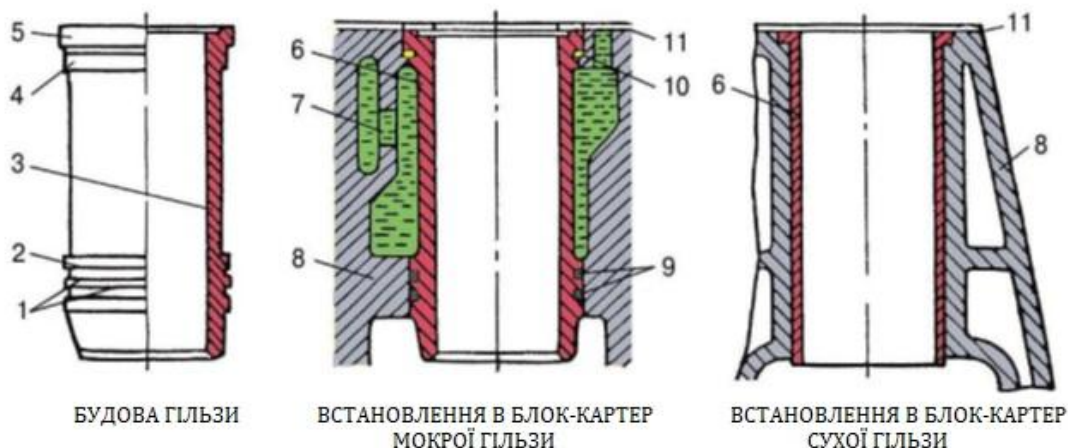


Рисунок 1.1 – Блок циліндрів двигуна

Гільзи циліндрів відносяться до класу «порожніх циліндрів», створюють (разом з поршнем та головкою блока) камеру згорання, спрямовують рух поршня та відводять тепло [11], [39].

Конструктивні елементи гільзи – дзеркало циліндра, посадочні пояски, канавки для ущільнювальних кілець, отвір під поршень, зовнішня поверхня, бурт (рис. 1.2) [39], [40], [42].



- 1 – канавки для ущільнюючих кілець; 2, 4 – посадочні пояски; 3 – внутрішня поверхня (дзеркало) циліндра; 5 – бурт; 6 – гільза циліндра; 7 – зона охолодження; 8 – картер-блок; 9 – кільце ущільнююче; 10 – кільце із міді; 11 – прокладка головки блока циліндрів

Рисунок 1.2 – Будова гільзи циліндра та оточуючі деталі [42]

Геометричними параметрами гільзи є:

- внутрішній діаметр – внутрішній обтік гільзи, який визначає розмір, в якому рухається поршень;
- зовнішній діаметр – зовнішній обтік гільзи, який відповідає діаметру отвору в блоці циліндрів;

– довжина – висота гільзи, яка визначає довжину контакту з блоком циліндрів [42].

Матеріалом гільзи можуть бути чавуни (наприклад, СЧ200), сталі (наприклад, 38ХМЮА), кераміка або полімерні сплави [21], [22], [42].

Гільзи можуть бути виготовлені із сірого чавуну, а іноді вони мають вставку у верхній частині з легованого чавуну [11].

Вид і характер дефектів. Способи їх усунення.

В процесі роботи двигуна блок циліндрів та гільзи піддаються дії різноманітних інтенсивних навантажень: механічних, теплових, хімічних, кавітаційних, вібраційних та ін. [13], [15], [39].

Це призводить до зносу (Δ_z до 0,150 мм), відхилення розташування: непаралельності, неперпендикулярності та ін. ($\Delta_{роз}$ до 0,10 мм), відхилення від форми ($\Delta_{нецил}$ до 0,120 мм), порушення якості поверхні (задирам, рискам, корозії), механічних пошкоджень (тріщин, відколів, дефектів різьб) [26], [39].

Під час експлуатації в блоку циліндрів з'являються дефекти:

- знос циліндрів;
- викривлення і знос ліжок корінних підшипників;
- тріщини і пробоїни;
- знос клапанних гнізд;
- знос направляючих втулок клапанів і штовхачів;
- руйнування різьби в кріпильних отворах (рис. 1.3) [11], [15], [40], [42].



а



б



в



г

а – руйнування перемички між циліндрами; б – пробоїна стінки блока;
в – руйнування циліндра; г – тріщина на верхній площині блоку

Рисунок 1.3 – Дефекти блока циліндрів [40]

Основними дефектами гільзи є:

- знос внутрішньої поверхні;
- знос зовнішньої поверхні;
- знос посадкових місць гільзи;
- тріщини на поверхні гільзи;
- руйнування бурту (рис. 1.4) [40], [51].

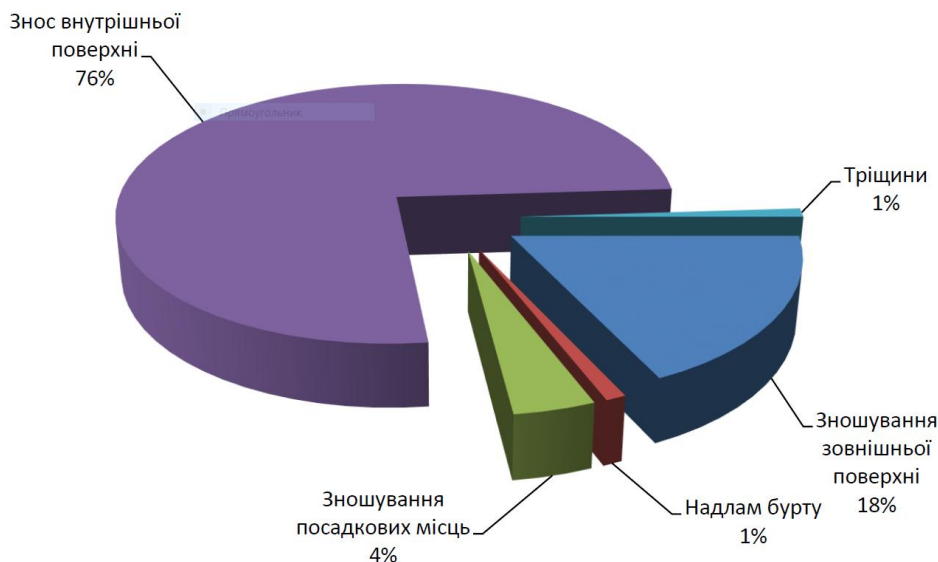


Рисунок 1.4 – Основні дефекти гільзи [51]

Абразивний знос внутрішньої робочої поверхні гільзи відбувається в результаті механічного тертя при потраплянні в двигун пилу (рис. 1.5, а, б).

Основною ознакою дефекту зовнішньої поверхні гільзи є кавітаційний знос, який з'являється в результаті контакту зовнішньої стінки гільзи блоку циліндрів з охолоджуючою рідиною і вібрації гільзи (рис. 1.5, в) [26], [40], [51].

До зносу посадкових поясів приводить сильна вібрація (рис. 1.5, г).

Надлом бурта гільзи може виникати з різних причин:

- потрапляння між гільзою блоку циліндра й буртом сторонніх часточок (залишків прокладочних матеріалів, бруду та ін.);
- відсутності торцевої кромки (фаски) поверхні бурту;
- перекосу в опорі бурту;
- невідповідності за розмірами прокладки для головки блоку;
- відсутності вирівнювання або очищення вогнетривкої кромки на головці циліндра;
- порушення процесу оброблювання при ремонті гільзи (рис. 1.5, е).

В результаті зносу внутрішньої робочої поверхні гільзи циліндра, її профіль набуває вигляд, що наведений на рис. 1.6 [12], [16]. Діаметр робочої поверхні гільзи змінюється нерівномірно: циліндрична форма по довжині робочої частини перетворюється в неправильний конус, а по циліндричності – в

овал [16], [36], [30]. Найбільший знос гільзи циліндрів спостерігається в зоні верхнього компресійного кільця. Причиною появи овальності гільзи служить нерівномірний тиск поршня на її стінки в період робочого ходу. У площині хитання шатуна тиск поршня на стінки циліндра значно більше, чим вздовж осі циліндра, тому і зношування в цій площині вище [16].



а – задирка дзеркала; б – спрацювання дзеркала; в – кавітаційні пошкодження; г – знос посадкових поясків; д – тріщини на поверхні гільзи; е – надлом бурту
Рисунок 1.5 – Дефекти гільзи блоку циліндрів [26], [40], [51]

Гільзи циліндрів вибраковують при наявності тріщин або зломів, кавітаційному наскрізному руйнуванні стінок, граничному спрацюванні гільз, раніше розточених на останній ремонтний розмір [29].

Знос, механічні та корозійні пошкодження усувають обробкою деталей під ремонтний розмір (РР) або постановкою додаткових ремонтних деталей (ДРД), зварюванням в середовищі аргону, а також синтетичними матеріалами [39].

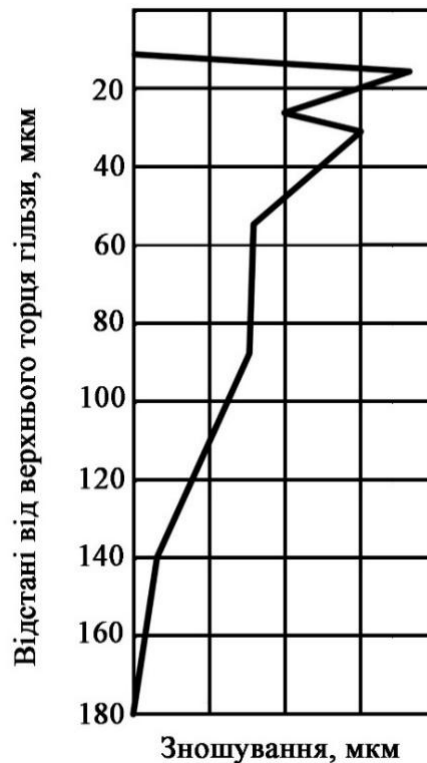


Рисунок 1.6 – Знос гільзи циліндрів у зоні робочого ходу поршня

Деформації різного характеру усувають слюсарно-механічною обробкою [39].

Обладнання, прилади та матеріали, необхідні для виконання роботи

- блок циліндрів та гільзи циліндрів двигуна внутрішнього згорання;
- стіл лабораторний;
- поворотний стіл під блок циліндрів;
- лупа чотирикратного збільшення;
- лінійка масштабна;
- штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05;
- мікрометри МК-100 і МК-125;
- індикаторний нутромір НІ-160;
- різьбова калібр-пробка М11-6Н;
- калібр-пробка НЕ 25,04 мм;
- рекомендована література [1]–[11], перелік якої надано в розділі «Список рекомендованої літератури»;
- необхідна документація (технічні умови на дефектування, креслення деталей, довідкова література, характеристики інструментів);

- технічні засоби навчання;
 - дистанційна платформа Moodle;
 - Teams;
 - активований акаунт університетської пошти (student.i.p.@nmu.one)
- Офіс 365.

Рекомендації щодо виконання роботи та обробки результатів експерименту

Правила охорони праці

Переконатися в правильному та безпечному встановленні блока циліндрів на поворотному столі; не прикладати надмірних зусиль при вимірювальних роботах, щоб запобігти псуванню інструментів та травмуванню.

1 Підготовка вихідних даних для дефектування деталей

1.1 Ознайомитися з інформаційною базою [1]–[11], яка надана в розділі «Список рекомендованої літератури».

1.2 Вивчити конструктивно-технологічну характеристику деталей та технологічні вимоги до них; умови роботи деталей та можливі дефекти; способи та засоби дефектування; технології ремонту.

1.3 Ознайомитися з робочим місцем, призначенням і налаштуванням обладнання та правилами охорони праці. Отримати деталі та інструменти. Підготувати інструменти до роботи.

1.4 Призначити конструктивні елементи деталей, що підлягають дефектуванню:

- блок циліндрів (стілки оболонки охолодження та верхнього картера, різьбові отвори під шпильки кріплення головки блоку);
- гільза циліндрів (отвір під поршень, посадочна поверхня).

Для кожного конструктивного елемента, що підлягає дефектуванню, визначити технологічні параметри (точність розміру, форми та розташування; шорсткість поверхні; ремонтні розміри; розміри, які допустимі без ремонту).

Призначити способи та засоби дефектування.

1.5 Ознайомитись із зразком звіту про виконання практичної роботи 1 (додаток Б). В бланк звіту записати найменування заданих для дефектування конструктивних елементів, значення технологічних параметрів, способи дефектування (п. 1).

2 Визначення технічного стану конструктивних елементів деталей, що дефектуються

2.1 Встановити зовнішнім оглядом наявність вибракованих дефектів оболонки охолодження та верхнього картера, а при їх відсутності – місця розташування і характер (довжина, площа, глибина та ін.) тріщин, відколів, рисок, подряпин та інших видимих дефектів.

Зовнішнім оглядом встановити наявність вибракованих ознак гільз. За наявності пошкоджень будь-якого характеру, встановлених оглядом, гільзи вибраковуються.

Результати зовнішнього огляду деталей записати до звіту (п. 2.1).

2.2 Визначити стан конструктивних елементів блоку циліндрів.

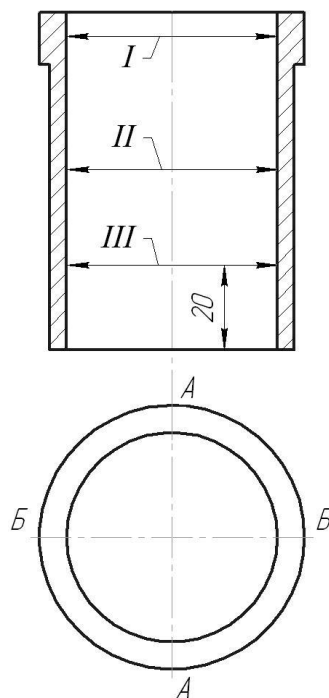
2.2.1 Визначити стан різьби в отворах під шпильки кріплення головки циліндрів: вкрутити по черзі в різьбові отвори калібр-пробку різьбову М11-6Н. Калібр-пробка повинна щільно вкручуватися в отвір. Погойдування і осьове переміщення калібр-пробки свідчать про знос різьби в отворі та необхідність ремонтних впливів. Результати контролю по кожному з отворів записати до звіту (п. 2.2).

2.2.2 Визначити стан отворів під штовхачі: ввести калібр-пробку в отвори під штовхачі. Якщо калібр проходить (НЕ 25,04 мм) крізь отвори під штовхачі, то отвори потребують ремонтних впливів. Результати по кожному з отворів записати до звіту (п. 2.2).

2.3 Визначити стан конструктивних елементів гільзи циліндрів.

2.3.1 Виміряти довжину гільзи. Виміряти індикаторним нутроміром діаметр отвору кожної гільзи в трьох поясах I-I, II-II, III-III та двох взаємно перпендикулярних площинах А-А та Б-Б (рис. 1.7, 1.8).

Перший пояс вимірювання I-I розташований на відстані 10...15 мм нижче верхнього краю гільзи, другий пояс II-II – посередині, третій пояс III-III – на відстані 20 мм вище нижнього краю. Одна площина вимірювання гільзи паралельна осі колінчатого вала, а друга – перпендикулярна першій.



I, II, III – пояси вимірювання; А-А, Б-Б – площини вимірювання

Рисунок 1.7 – Схема вимірювання гільзи циліндрів двигуна індикаторним нутроміром

Перед вимірюванням отвору гільзи, індикаторний нутромір необхідно встановити на базовий розмір, яким є найбільший розмір отвору, що вимірюється.

Встановлення індикаторного нутроміра на базовий розмір здійснюється в наступній послідовності:

- виміряти отвір штангенциркулем; базовим є найбільший цілий розмір (наприклад, якщо діаметр отвору дорівнює 100,65 мм, тоді базовим розміром буде 101,0 мм);
- встановити на мікрометрі базовий розмір (попередньо перевірити правильність його установки на «0»);
- встановити відповідну вимірювальну вставку у вимірювальну головку індикаторного нутроміра;
- ввести вимірювальну головку нутроміра між п'ятою та гвинтом встановленого мікрометра та, повертаючи циферблат індикатора, поєднати «0» зі стрілкою; це положення буде відповідати базовому розміру.

Результати вимірювань записати до звіту (п. 2.3).



Рисунок 1.8 – Здобувачі НТУ «Дніпровська політехніка» аналізують технічний стан гільз циліндра ДВЗ

2.3.2 Розрахувати величину загального зносу ($Z_{\text{заг}}$) за формулою:

$$Z_{\text{заг}} = D_3 - D_{\text{п}},$$

де D_3 – найбільше значення діаметра всіх гільз даного блоку (використовувати величину з найбільшим зносом), мм;

D_{Π} – діаметр гільзи до експлуатації (найбільший граничний розмір за робочим або ремонтним кресленням), мм.

Результат розрахунку записати до звіту (п. 2.3).

2.3.3 Розрахувати величину одностороннього нерівномірного зносу ($Z_{\text{нерів}}$) за формулою:

$$Z_{\text{нерів}} = \beta \cdot Z_{\text{заг}},$$

де β – коефіцієнт нерівномірності зносу, який дорівнює 0,6 [26].

Результат розрахунку записати до звіту (п. 2.3).

2.3.4 Розрахувати нециліндричність поверхонь – овальність ($\Delta_{\text{ов}}$) та конусоподібність ($\Delta_{\text{конус}}$).

Овальність визначається як різниця розмірів, виміряних в одному поясі, але в різних взаємно перпендикулярних площинах (рис. 1.7) [32]. Для кожної гільзи отримати три значення овальності:

$$\begin{aligned}\Delta_{\text{овI-I}} &= D_{\text{A-AI-I}} - D_{\text{B-BI-I}}, \\ \Delta_{\text{овII-II}} &= D_{\text{A-AII-II}} - D_{\text{B-BII-II}}, \\ \Delta_{\text{овIII-III}} &= D_{\text{A-AIII-III}} - D_{\text{B-BIII-III}}.\end{aligned}$$

Конусоподібність визначається як різниця розмірів, вимірюваних в одній площині, але в різних поясах (рис. 1.7) [32]. Для кожної гільзи отримати два значення конусоподібності:

$$\begin{aligned}\Delta_{\text{конусA-A}} &= D_{\text{maxA-A}} - D_{\text{minA-A}}; \\ \Delta_{\text{конусB-B}} &= D_{\text{maxB-B}} - D_{\text{minB-B}}.\end{aligned}$$

Дефектування проводити по найбільшим значенням.

Результати розрахунків записати до звіту (п. 2.3).

2.3.5 Розрахувати розмір обробки отвору (D_p) за формулою:

$$D_p = D_3 + Z_{\text{нерів}} + 2Z,$$

де D_3 – найбільше значення діаметра всіх гільз даного блоку (використовувати величину з найбільшим зносом), мм;

$Z_{\text{нерів}}$ – величина одностороннього нерівномірного зносу, мм;

Z – мінімальний односторонній припуск на обробку (для розточування та хонінгування $2Z_p$ дорівнює 0,150 мм) [26].

Зробити порівняння величини D_p із значеннями категорійних ремонтних розмірів D_{pp} та призначити категорію ремонтного розміру одну для всіх гільз (обрати найближчу велику категорію PP):

$$D_{pp} \geq D_p.$$

Результати розрахунків записати до звіту (п. 2.3).

2.3.6 Виміряти мікрометром діаметр посадочної поверхні гільз в одному поясі (посередині) і двох взаємно перпендикулярних площинах.

Найменший розмір записати до звіту (п. 2.3).

3 Сортування деталей за результатами контролю

На підставі виконаних вимірювань та розрахунків визначити технічний стан поверхонь деталей.

Порівняти дійсний стан параметрів конструктивних елементів деталей з технічними вимогами та записати категорію стану деталі: «Без ремонту», «В ремонт», «Брак» до звіту (п. 3).

4 Призначення способів ремонту та зміст операцій для усунення дефектів деталей категорії «В ремонт»

Для деталей категорії «В ремонт» призначити спосіб ремонту та зміст операцій для усунення дефектів.

Результат записати до звіту (п. 4).

5 Оформлення звіту за результатами практичної роботи

Підсумковим етапом виконання практичної роботи є складання й оформлення звіту.

На підставі вимірювань, розрахунків та технічних вимог визначити технічний стан деталей і зробити висновки відносно придатності або непридатності деталей до роботи на автомобілі. Записати до звіту (п. 5).

Вимоги до оформлення та захисту результатів роботи

Звіт про виконання дефектування деталей рекомендовано виконувати в наступній послідовності (додаток Б):

- дати характеристики блоку циліндрів та гільз, технічні вимоги;
- запропонувати способи дефектування;
- описати дефекти, що виявлені зовнішнім оглядом;
- вказати результати визначення технічного стану конструктивних елементів блоку циліндрів: стану різьби в отворах під шпильки кріплення головки циліндрів, стану отворів під штовхачі;
- вказати результати визначення технічного стану конструктивних елементів гільзи: розміри гільз, величину загального зносу, величину одностороннього нерівномірного зносу, нециліндричність, розмір обробки отвору, розміри посадочних поверхонь гільз;
- зробити сортування деталей за результатами контролю;
- призначити способи ремонту та зміст операцій;

- зробити висновки.

Виконану практичну роботу та оформлений звіт треба захистити та отримати оцінку за результатами поточного контролю.

Питання для підготовки до захисту результатів практичної роботи

- 1 Що розуміють під терміном «дефект»?
- 2 На якій стадії виробничого процесу і де здійснюється дефектування?
- 3 Які дефекти блоку циліндрів з'являються під час експлуатації?
- 4 Які конструктивні елементи блоку циліндрів підлягають дефектуванню?
- 5 Які дефекти гільз циліндра з'являються під час експлуатації?
- 6 Які конструктивні елементи гільз підлягають дефектуванню?
- 7 Які дефекти блоку циліндрів та гільз можна виявити візуальним оглядом?
- 8 Чому виникає овальний знос гільзи?
- 9 Скільки разів вимірюється внутрішній розмір гільзи?
- 10 Як розміщені площини та пояси вимірювання гільзи?
- 11 Як встановити індикаторний нутромір на базовий розмір?
- 12 Як встановити мікрометр на «0»?
- 13 В якому випадку після вимірювання гільзи можна зробити висновок, що вона придатна до роботи без відновлення?
- 14 З якими дефектами гільзу потрібно бракувати?
- 15 Як визначити величину ремонтного розміру для отвору?

Критерії оцінювання практичної роботи

Звіт з практичної роботи наводиться у системі Microsoft Office 365. Виконаний звіт відсилається на дистанційну платформу Moodle.

Практична робота оцінюється якістю звіту про виконання практичної роботи експертним методом з використанням критеріїв, зазначених в робочій програмі та силабусі навчальної дисципліни.

Практична робота оцінюється у 100 балів.

Список рекомендованої літератури: [1]–[11].

Додатки:

Рекомендовані додатки А і Б.

Практична робота 2

Дефектування колінчатого вала

Мета та очікувані результати навчання

Метою практичної роботи є надбання практичних навичок виявлення дефектів та визначення технічного стану колінчатого вала, а також використання засобів контролю дефектів та технічних умов на дефектування.

В результаті виконання практичної роботи здобувачі зможуть набути таких умінь і навичок:

- володіння методикою визначення технічного стану колінчатого вала;
- уміння самостійно аналізувати технічний стан колінчатого вала.

Завдання і тривалість роботи

1 Підготовка вихідних даних для дефектування колінчатого вала.

2 Визначення технічного стану конструктивних елементів колінчатого вала, що дефектуються.

3 Сортування деталей за результатами контролю.

4 Призначення способів ремонту та зміст операцій для усунення дефектів деталей категорії «В ремонт».

5 Оформлення звіту за результатами практичної роботи.

Відповідно до робочої програми навчальної дисципліни, на виконання практичної роботи відведено 4 академічні години, з яких: аудиторні заняття – 2 години, самостійна робота – 2 години.

Теоретичні положення

Конструктивно-технологічна характеристика деталей. Колінчатий вал отримує силу, яка передається шатунами від поршнів, та перетворює її в крутний момент, який передається через маховик до трансмісії [15], [26].

Конструктивними елементами колінчатого вала є корінні й шатунні шийки, носик вала (поверхні для установаження шківів, сальника, шестерні, шпонкові пази, різьба кріплення храповика), фланець вала (поверхня і отвори для встановлення і кріплення маховика), маслосгонні різьби на поверхні під сальник, врівноважувальні пристрої з кріпленням, мастильні канали (рис. 2.1) [15], [26], [39]–[41].

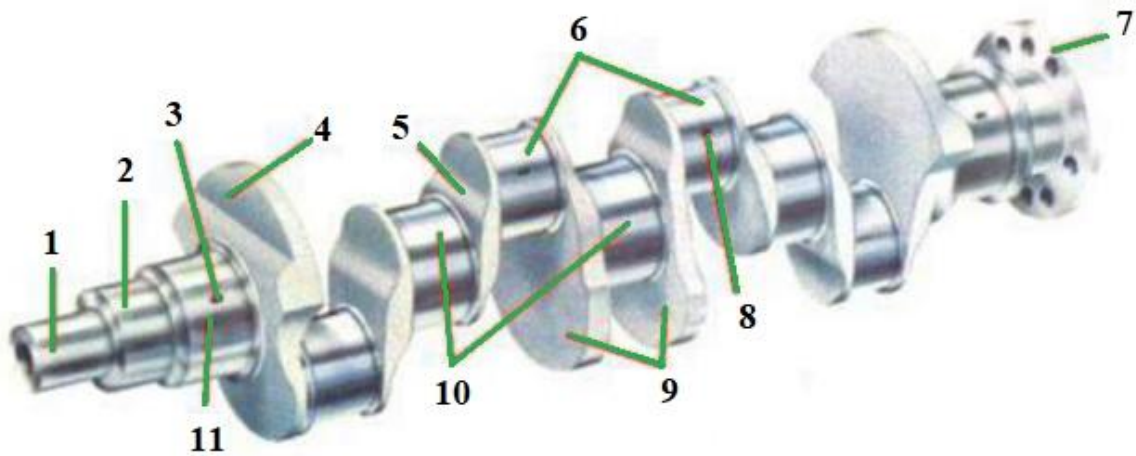
В передній частині колінчатого вала знаходяться шків приводу вентилятора та шпонковий паз для розподільної шестерні [26].

Задня частина колінчатого вала створена у вигляді фланця 7, до якого болтовим з'єднанням прикріплюється маховик (рис. 2.1) [26].

Кожна шатунна шийка 6 має з двох сторін корінні шийки 10 (рис. 2.1). Шийки з'єднані між собою щоками 5. Кількість корінних шийок колінчатого вала на одну більше за шатунних [26].

Корінні та шатунні шийки з'єднані каналами, які висвердлені в щоках вала і підводять оливу від корінних підшипників до шатуна [26].

Противаги 9 призначені для зменшення відцентрової сили, що створюється кривошипамі [26].



- 1 – носок колінчатого вала; 2 – посадочне місце зірочки (шестерні) приводу розподільного вала; 3 – отвір підведення оливи до корінної шийки; 4 – противага; 5 – щока; 6 – шатунні шийки; 7 – фланець; 8 – отвір підведення оливи до шатунної шийки; 9 – противаги; 10 – корінні шийки; 11 – корінна шийка упорного підшипника

Рисунок 2.1 – Колінчатий вал [26]

Матеріал колінчатих валів. Колінчаті вали виготовляються з вуглецевих та легованих сталей (наприклад, 45, 50, 50Г, 18ХНВА, 18ХНМА, 18Х2Н4ВА, 20ХН2М, 20Х2Н4А, 20ХН3А, 20ХГНТР, 25ХГТ, 25ХГНМАЮ, 30ХГТ, 38ХН3ВА, 38ХН3МА, 40ХНМА, 45Г2, 45Х, 45ХН, 60ХФА), спеціальних високоміцних модифікованих чавунів (наприклад, ВЧ 500-7) шляхом відливання, кування або штампування [20], [21], [23], [29], [50].

Поверхні шийок колінчатого вала загартовують струмами високої частоти для збільшення твердості [26]. Твердість поверхні повинна бути не менш ніж 53...63 HRC.

Вид і характер дефектів. Способи їх усунення.

Колінчатий вал працює в складних умовах і в процесі роботи піддається дії різноманітних інтенсивних навантажень: сил тертя; циклічних (внаслідок ударної дії тиску газів по черзі від кожного робочого циліндра); інерційних (обумовлених силами інерції обертових частин, що поступально рухаються); вібраційних та ін. [16].

Це викликає появу зносів (Δ_z до 0,10 мм), відхилення від форми ($\Delta_{\text{нецил}}$ до 0,08 мм), відхилення розташування ($\Delta_{\text{биття}}$ до 0,150 мм) [29], [39].

Під час експлуатації колінчатого вала з'являються дефекти:

- скручування і вигин вала;
- знос корінних та шатунних шийок;
- механічні пошкодження – тріщини (рис. 2.2, а), дефекти різьб;

- порушення якості поверхні шийок – задирки (рис. 2.2, б), риски, корозія;
- знос посадочних місць під розподільну шестерню, шків і маховик;
- знос і розбиття шпонкових канавок;
- приховані дефекти [15], [29], [36], [40], [41].



а



б

а – тріщина; б – спрацювання та задирки
Рисунок 2.2 – Дефекти шийки колінчатого вала [40]

Причиною вигину колінчатих валів (биття середніх корінних шийок відносно крайніх шийок) є залишкові напруги в матеріалі, величина яких, в значній мірі, залежить від технології їх виготовлення. Зміни внутрішніх напруг можуть виникати і при виконанні ремонтних операцій, наприклад: правки вала, шліфуванні шийок під ремонтні розміри.

Знос корінних та шатунних шийок колінчатого вала виникає в результаті тертя спряжених пар.

Величина зносу шийок колінчатого вала залежить від багатьох факторів:

- навантаження на двигун;
- якості автомобільного палива та оливи;
- режиму та умов експлуатації автомобіля;
- ступені зносу циліндрів двигуна.

Нерівномірність питомого навантаження під час експлуатації колінчатого вала викликає нерівномірність зносу шийок колінчатого вала (особливо шатунних шийок) по циліндричності: по колу – шийки приймають овальну форму, а за твірною – форму конуса.

Причиною зносу шийок колінчатого вала на конус є нерівномірний розподіл навантажень за їх довжиною, нахильне розміщення каналів, які підводять оливу до шийок, а також перекося деталей шатунно-поршневої групи. Овальну форму шийки отримують під дією знакозмінних навантажень тиском газів на поршень і сил інерції шатунно-поршневої групи.

Шатунні шийки колінчатого вала зношуються за довжиною – на конус, а по колу – на овал. Корінні шийки колінчатого вала зношуються, головним чином, на овал. Знос на конус незначний.

Нерівномірність зносу корінних та шатунних шийок колінчатого вала є шкідливим явищем, що приводить до порушення режиму змащення і збільшення зносу спряження «вал – підшипник».

Шатунні шийки колінчатого вала працюють у більш важких умовах, ніж корінні шийки, тому шатунні шийки на 40 % зношуються більш інтенсивно, ніж корінні. Міжремонтний термін експлуатації колінчатого вала обмежується зносом шатунних шийок.

При зовнішньому огляді колінчатого вала виявляються тріщини, обломи, пошкодження різьби, отворів під болти і підшипники та ін.

Шляхом вимірювань визначаються величини зносу і абсолютні розміри робочих поверхонь колінчатого вала.

За результатами зовнішнього огляду та вимірювань визначається категорія придатності колінчатого вала: придатний, підлягає відновленню або непридатний.

Контроль колінчатих валів виконують у відповідності з технічними умовами на контроль-сорткування деталей відповідної марки автомобіля.

Ремонт шийок вала проводять двома методами: механічною обробкою на ремонтні розміри або відновлюванням до номінальних розмірів нарощуванням [36].

Перевагами методів обробки шийок на ремонтні розміри є простота та низька вартість. А підвищення ресурсу валів, що оброблені на ремонтні розміри, забезпечується зміцнювальною обробкою, наприклад, способами поверхнево-пластичної деформації або лазерного зміцнення [36].

Відновлення шийок колінчатих валів до номінальних розмірів відбувається шляхом наплавлення або напилення, наприклад, наплавленням під шаром легованого флюсу, плазмовим напиленням.

Технології відновлення сталевих колінчатих валів наплавленням поділяють на дві групи: наплавлення з термообробкою і наплавлення під легованим флюсом без термообробки [36].

Наприклад, наплавлений на шийки валів дріт Нп-30ХГСА під шаром суміші флюсів АН-348А (20 %) та АНК-18 (80 %) забезпечує твердість поверхні 32...40 НРС. Наступне загартування та шліфування забезпечує стабільність структури і твердість поверхні відновлених колінчатих валів [36].

Операція шліфування шийок колінчатого вала виконується після інших операцій по відновленню вала, що дозволяє уникнути порушення взаємного розташування осей шийок, а також можливих випадкових пошкоджень поверхонь вала [36].

Для створення мікропорожнин для змащення, що особливо важливо на початковому етапі роботи кривошипно-шатунного механізму, виконують суперфінішну обробку шатунних та корінних шийок колінчатого вала.

Незначний прогин колінчатого вала (0,2 мм) усувають шліфуванням корінних і шатунних шийок, а при великих прогинах – вал правлять під пресом [26], [36].

Тріщини, що розміщені вздовж осі вала, які не виходять на галтелі і глибина яких не перевищує 4 мм, усувають заварюванням. При інших розміщеннях тріщин колінчатий вал вибраковують [36].

Обладнання, прилади та матеріали, необхідні для виконання роботи

- колінчатий вал;
 - стіл лабораторний;
 - прилад для установки та перевірки колінчатого вала на биття;
 - штангенциркуль ШЦ-I-160-0,1;
 - мікрометр МК-75;
 - індикатор годинникового типу;
 - штатив зі стійкою;
 - штангенрейсмус ШР-250-0,05;
 - мікрометричний глибиномір 0-100;
 - лупа чотирикратного збільшення;
 - рекомендована література [1]–[11], перелік якої надано в розділі «Список рекомендованої літератури»;
 - необхідна документація (технічні умови на дефектування, креслення деталей, довідкова література, характеристики інструментів);
 - технічні засоби навчання;
 - дистанційна платформа Moodle;
 - Teams;
 - активований акаунт університетської пошти (student.i.p.@nmu.one)
- Офіс 365.

Рекомендації щодо виконання роботи та обробки результатів експерименту

Правила охорони праці

Переконатися в правильному і безпечному установленні колінчатого вала на стенді; не прикладати надмірних зусиль при вимірювальних роботах, щоб запобігти псуванню інструментів і травмуванню.

1 Підготовка вихідних даних для дефектування колінчатого вала

1.1 Ознайомитися з інформаційною базою [1]–[11], яка надана в розділі «Список рекомендованої літератури».

1.2 Вивчити конструктивно-технологічну характеристику деталей та технологічні вимоги до них; умови роботи деталей та можливі дефекти; способи та засоби дефектування; технології ремонту.

1.3 Ознайомитися з робочим місцем, призначенням і налаштуванням обладнання та правилами охорони праці. Отримати деталі та інструменти. Підготувати інструменти до роботи.

1.4 Призначити конструктивні елементи колінчатого вала, що підлягають дефектуванню:

- корінні шийки;
- шатунні шийки.

Для кожного конструктивного елемента, що підлягає дефектуванню, визначити технологічні параметри, що характеризують їх працездатність (точність розміру, форми та розташування; шорсткість поверхні; ремонтні розміри; розміри, які допустимі без ремонту).

Призначити способи та засоби дефектування.

1.5 Ознайомитись зі зразком звіту про виконання практичної роботи (додаток В). В бланк звіту записати найменування заданих для дефектування конструктивних елементів, значення технологічних параметрів, способи дефектування (п. 1).

2 Визначення технічного стану конструктивних елементів колінчатого вала, що дефектуються

2.1 Встановити зовнішнім оглядом наявність вибраковочних дефектів колінчатого вала. Якщо вибраковочних дефектів колінчатого вала немає, тоді встановити місця розташування та характер задирів, рисок, відколів та інших дефектів, які можна побачити візуальним оглядом, а також стан фасок центрових отворів та різьби під храповик. На центрових фасках не повинно бути забоїн. Якщо встановлено наявність зірваних ниток в різьбі, тоді треба визначити їх число. Результати зовнішнього огляду колінчатого вала потрібно записати до звіту (п. 2.1).

2.2 Виміряти діаметри корінних шийок колінчатого вала за допомогою мікрометра (рис. 2.3).

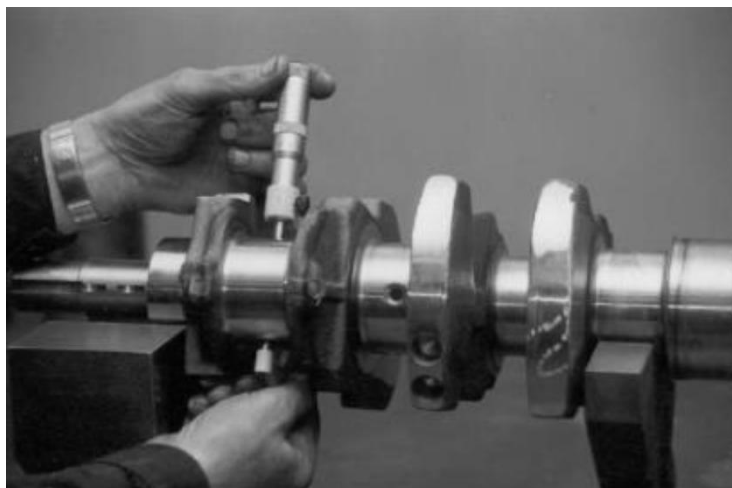
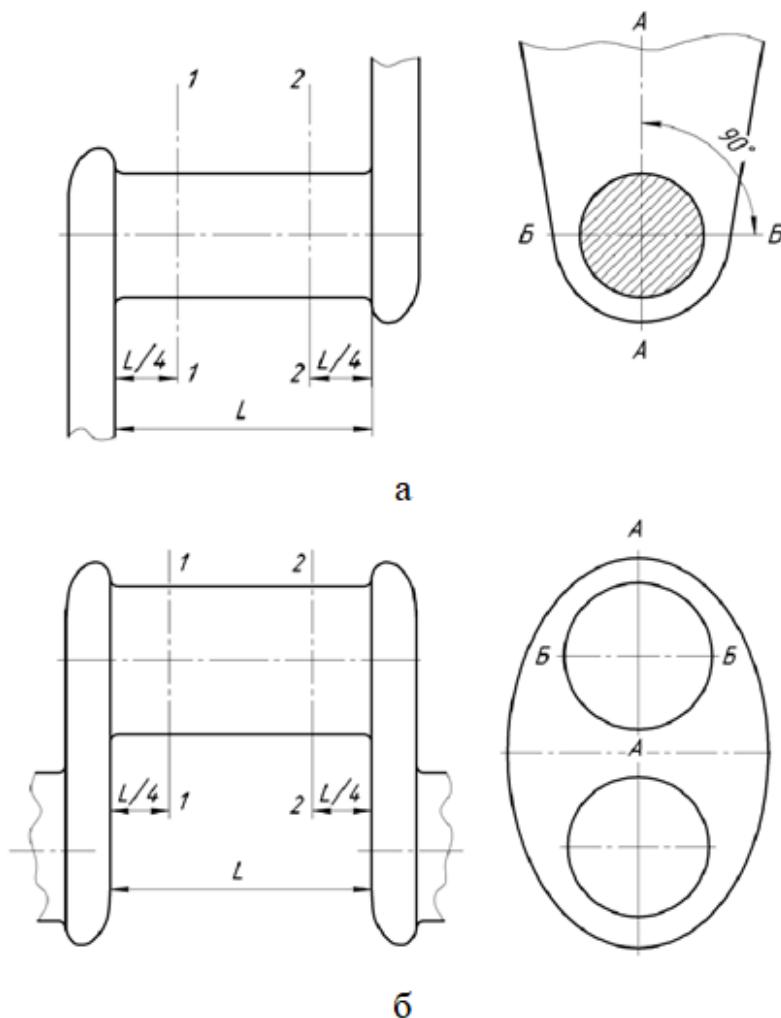


Рисунок 2.3 – Перевірка розмірів шийок [36]

Вимірювання кожної шийки провести в двох поясах 1-1 і 2-2 та двох взаємно перпендикулярних площинах А-А і Б-Б (рис. 2.4, а). Площина А-А для

всіх корінних шийок приймається в площині кривошипа першої шатунної шийки. Пояси вимірювань розташовані біля кінців шийки на відстанях, які дорівнюють $\frac{1}{4}$ від загальної довжини шийки. Пояс 1-1 знаходиться ближче до носка вала. Результати вимірювань записати до звіту (п. 2.2).



а – корінні шийки; б – шатунні шийки

Рисунок 2.4 – Схема вимірювання діаметрів шийок колінчатого вала

2.3 Визначити величину загального зносу ($Z_{\text{заг}}$) для всіх корінних шийок за формулою:

$$Z_{\text{заг}} = d_{\text{п}} - d_{\text{з}},$$

де $d_{\text{п}}$ – діаметр шийки до початку експлуатації, в якості якого вибирається найменший граничний розмір за робочим або ремонтним кресленням, мм;

$d_{\text{з}}$ – мінімальний діаметр шийки, в якості якого приймається діаметр шийки з найбільшим зносом, мм.

Результат розрахунку записати до звіту (п. 2.3).

2.4 Розрахувати величину одностороннього нерівномірного зносу корінних шийок ($Z_{\text{нерів}}$) за формулою:

$$Z_{\text{нерів}} = \beta \cdot Z_{\text{заг}},$$

де β – коефіцієнт нерівномірності зносу, який дорівнює 0,75 [26].

Результат розрахунку записати до звіту (п. 2.4).

2.5 Розрахувати нециліндричність поверхонь корінних шийок – овальність ($\Delta_{\text{ов}}$) і конусоподібність ($\Delta_{\text{конус}}$).

Овальність визначається як різниця розмірів, що виміряні в одному поясі, але в різних взаємно перпендикулярних площинах (рис. 2.4, а).

Для кожної корінної шийки отримати два значення овальності:

$$\Delta_{\text{ов1-1}} = d_{\text{A-A1-1}} - d_{\text{B-B1-1}};$$

$$\Delta_{\text{ов2-2}} = d_{\text{A-A2-2}} - d_{\text{B-B2-2}}.$$

Найбільше значення овальності шийки записати до звіту (п. 2.2).

Конусоподібність визначається як різниця розмірів, вимірюваних в одній площині, але в різних поясах:

$$\Delta_{\text{конусA-A}} = d_{\text{maxA-A}} - d_{\text{minA-A}};$$

$$\Delta_{\text{конусB-B}} = d_{\text{maxB-B}} - d_{\text{minB-B}}.$$

Для кожної корінної шийки отримати два значення конусоподібності. Найбільше значення конусоподібності шийки записати до звіту (п. 2.2).

2.6 Розрахувати ремонтний розмір корінних шийок ($d_{\text{рк}}$) за формулою:

$$d_{\text{рк}} = d_3 - Z_{\text{нерів}} - 2Z_p,$$

де d_3 – мінімальний діаметр шийки, в якості якого вибирається діаметр шийки з найбільшим зносом, мм;

$Z_{\text{нерів}}$ – величина одностороннього нерівномірного зносу, мм;

$2Z_p$ – мінімальний односторонній припуск на обробку (для шліфування $2Z_p$ дорівнює 0,10 мм) [26].

Розрахунок вести для шийки, що має найбільший знос.

Зробити порівняння величини $d_{\text{рк}}$ із значеннями категорійних ремонтних розмірів $d_{\text{ррк}}$ та призначити найближчу меншу категорію одну для всіх шийок:

$$d_{\text{ррк}} \leq d_{\text{рк}}.$$

Результат записати до звіту (п. 2.5).

2.7 Виміряти довжину першої корінної шийки глибиноміром в двох місцях під кутом 180° . Результати записати до звіту (п. 2.6).

2.8 Виміряти діаметри шатунних шийок мікрометром. Шийки вимірюються в двох поясах 1-1 та 2-2 і двох взаємно перпендикулярних площинах А-А і Б-Б (рис. 2.4, б). Площина А-А паралельна площині кривошипа вимірюваної шийки. Пояси вимірювань розташовані біля кінців шийки на відстані $\frac{1}{4}$ від довжини шийки.

Результати вимірювань записати до звіту (п. 2.2).

2.9 Визначити величину загального зносу ($Z_{\text{заг}}$) для всіх шатунних шийок за формулою:

$$Z_{\text{заг}} = d_{\text{п}} - d_{\text{з}},$$

де $d_{\text{п}}$ – діаметр шийки до початку експлуатації, в якості якого вибирається найменший граничний розмір за робочим або ремонтним кресленнями, мм;

$d_{\text{з}}$ – мінімальний діаметр шийки, в якості якого вибирається діаметр шийки з найбільшим зносом, мм.

Результат розрахунку записати до звіту (п. 2.7).

2.10 Розрахувати величину одностороннього нерівномірного зносу ($Z_{\text{нерів}}$) шатунних шийок за формулою:

$$Z_{\text{нерів}} = \beta \cdot Z_{\text{заг}},$$

де β – коефіцієнт нерівномірності зносу.

Результат розрахунку записати до звіту (п. 2.8).

2.11 Розрахувати нециліндричність поверхонь шатунних шийок – овальність ($\Delta_{\text{ов}}$) і конусоподібність ($\Delta_{\text{конус}}$).

Для кожної шатунної шийки отримати два значення овальності:

$$\Delta_{\text{ов1-1}} = d_{\text{А-А1-1}} - d_{\text{Б-Б1-1}};$$

$$\Delta_{\text{ов2-2}} = d_{\text{А-А2-2}} - d_{\text{Б-Б2-2}}.$$

Найбільше значення овальності шатунної шийки записати до звіту (п. 2.2).

Для кожної шатунної шийки отримати два значення конусоподібності:

$$\Delta_{\text{конусА-А}} = d_{\text{maxА-А}} - d_{\text{minА-А}};$$

$$\Delta_{\text{конусБ-Б}} = d_{\text{maxБ-Б}} - d_{\text{minБ-Б}}.$$

Найбільше значення конусоподібності шатунної шийки записати до звіту (п. 2.2).

2.12 Розрахувати ремонтний розмір шатунних шийок ($d_{\text{рш}}$) за формулою:

$$d_{\text{рш}} = d_{\text{з}} - Z_{\text{нерів}} - 2Z_{\text{р}}.$$

Розрахунок вести для шатунної шийки, що має найбільший знос.

Зробити порівняння величини $d_{рш}$ із значеннями категорійних ремонтних розмірів $d_{ррш}$ та призначити найближчу меншу категорію одну для всіх шийок:

$$d_{ррш} \leq d_{рш}.$$

Результат записати до звіту (п. 2.9).

2.13 Виміряти довжину всіх шатунних шийок штангенциркулем, губками для внутрішніх вимірювань. Результат записати до звіту (п. 2.10).

2.14 Визначити радіус кривошипа:

– встановити штангенрейсмус на опору приладу для перевірки колінчатого вала на биття навпроти першої шатунної шийки;

– зняти показання штангенрейсмуса у верхньому і нижньому положеннях першої шатунної шийки (рис. 2.5, 2.6);

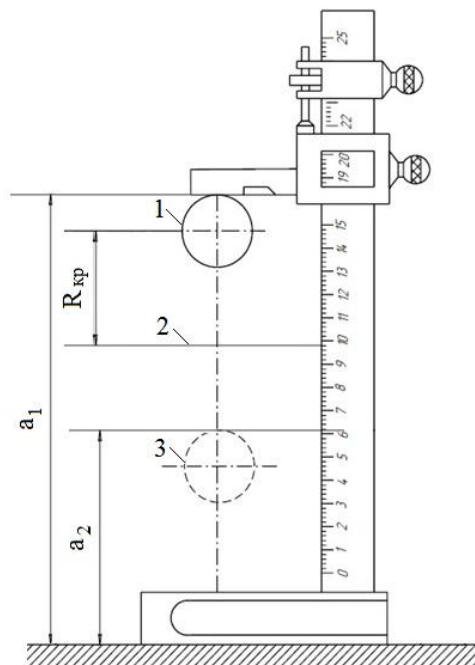
– розрахувати радіус кривошипа $R_{кр}$ за формулою:

$$R_{кр} = \frac{a_1 - a_2}{2},$$

де a_1 – показання штангенрейсмуса при верхньому положенні шатунної шийки, мм;

a_2 – показання штангенрейсмуса при нижньому положенні шатунної шийки, мм.

Результат розрахунку записати до звіту (п. 2.11).



1 – шатунна шийка в верхньому положенні; 2 – вісь корінних шийок;

3 – шатунна шийка в нижньому положенні

Рисунок 2.5 – Схема визначення радіуса кривошипа колінчатого вала

2.15 Визначити радіальне биття середньої корінної шийки колінчатого вала:

– встановити штатив з індикатором годинникового типу на прилад для перевірки колінчатого вала на биття таким чином, щоб стрижень індикатора упирався в середину середньої корінної шийки, при цьому мала стрілка індикатора повинна відійти від нуля на одне-два ділення;

– повільно повертати колінчатий вал до тих пір, поки стрілка індикатора не займе одне з крайніх положень; після чого повертати вал на 180° і визначити нове положення стрілки індикатора; різниця між двома показниками індикатора означає биття колінчатого вала; величина вигину вала дорівнює половині величини його биття (рис. 2.7).

Результат вимірювання записати до звіту (п. 2.12).



Рисунок 2.6 – Здобувач вищої освіти НТУ «Дніпровська політехніка» виконує вимірювання радіусу кривошипа колінчатого вала



Рисунок 2.7 – Вимірювання биття середньої шийки колінчатого вала

3 Сортування деталей за результатами контролю

На підставі виконаних вимірювань та розрахунків визначити технічний стан поверхонь деталей.

Порівняти дійсний стан параметрів конструктивних елементів колінчатого вала з технічними вимогами та записати категорію стану деталі: «Без ремонту», «В ремонт», «Брак» до звіту (п. 3).

4 Призначення способів ремонту та зміст операцій для усунення дефектів деталей категорії «В ремонт»

Для деталей категорії «В ремонт» призначити спосіб ремонту та зміст операцій для усунення дефектів.

Результат записати до звіту (п. 4).

5 Оформлення звіту за результатами практичної роботи

Підсумковим етапом виконання практичної роботи є складання й оформлення звіту (додаток В).

На підставі розрахунків, вимірювань і технічних вимог визначити технічний стан колінчатого вала і зробити висновки про придатність, непридатність або спосіб усунення дефектів. Записати до звіту (п. 5).

Вимоги до оформлення та захисту результатів роботи

Звіт про виконання дефектування колінчатого вала рекомендовано виконувати в наступній послідовності (додаток В):

- дати характеристику колінчатого вала та технічні вимоги;
- запропонувати способи дефектування;
- описати дефекти, що виявлені зовнішнім оглядом;
- вказати результати визначення технічного стану корінних шийок: діаметри корінних шийок, величину загального зносу корінних шийок; величину одностороннього нерівномірного зносу корінних шийок; овальність та конусоподібність корінних шийок; довжину першої корінної шийки; ремонтний розмір корінних шийок;
- вказати результати визначення технічного стану шатунних шийок: діаметри шатунних шийок, величину загального зносу шатунних шийок; величину одностороннього нерівномірного зносу шатунних шийок; овальність та конусоподібність шатунних шийок; довжину всіх шатунних шийок; ремонтний розмір шатунних шийок;
- розрахувати радіус кривошипу;
- розрахувати радіальне биття середньої корінної шийки;
- зробити сортування деталей за результатами контролю;
- призначити способи ремонту та зміст операцій для усунення дефектів деталей категорії «В ремонт»;
- зробити висновки за результатами дефектування колінчатого вала.

Виконану практичну роботу та оформлений звіт треба захистити та отримати оцінку за результатами поточного контролю.

Питання для підготовки до захисту результатів практичної роботи

- 1 Які основні конструктивні елементи колінчатого вала?
- 2 Які дефекти колінчатого вала можливо визначити зовнішнім оглядом?
- 3 Для чого застосовуються інструменти: штангенциркуль, мікрометр, індикатор годинникового типу, штангенрейсмус?
- 4 Для визначення яких параметрів необхідно проводити вимірювання?
- 5 Які параметри необхідно розраховувати при дефектуванні колінчатого вала?
- 6 Як розташовані пояси і площини при вимірюванні корінних та шатунних шийок?
- 7 Як розрахувати овальність шийки?
- 8 Як розрахувати конусоподібність шийки?
- 9 Як визначити значення ремонтного розміру для шийок колінчатого вала?
- 10 Як впливає зміна довжини першої корінної шийки на роботу двигуна?
- 11 Яка послідовність робіт при вимірюванні биття колінчатого вала?
- 12 Як визначити биття вала по середній шийці?
- 13 До чого може призвести встановлення на двигун колінчатого вала із збільшеним биттям середньої шийки?
- 14 Як розрахувати радіус кривошипа?
- 15 Як впливає зміна радіуса кривошипа колінчатого вала на роботу двигуна?

Критерії оцінювання практичної роботи

Звіт з практичної роботи наводиться у системі Microsoft Office 365. Виконаний звіт відсилається на дистанційну платформу Moodle.

Практична робота оцінюється якістю звіту про виконання практичної роботи експертним методом з використанням критеріїв, зазначених в робочій програмі та силабусі навчальної дисципліни.

Практична робота оцінюється у 100 балів.

Список рекомендованої літератури: [1]–[11].

Додатки:

Рекомендовані додатки А і В.

Практична робота 3

Дефектування розподільного вала

Мета та очікувані результати навчання

Метою практичної роботи є надбання практичних навичок виявлення дефектів та визначення технічного стану розподільного вала, а також використання засобів контролю дефектів та технічних умов на дефектування.

В результаті виконання практичної роботи здобувачі зможуть набути таких умінь і навичок:

- володіння методикою визначення технічного стану розподільного вала;
- уміння самостійно аналізувати технічний стан розподільного вала.

Завдання і тривалість роботи

1 Підготовка вихідних даних для дефектування розподільного вала.

2 Визначення технічного стану конструктивних елементів розподільного вала, що дефектуються.

3 Сортування деталей за результатами контролю.

4 Призначення способів ремонту та зміст операцій для усунення дефектів деталей категорії «В ремонт».

5 Оформлення звіту за результатами практичної роботи.

Відповідно до робочої програми навчальної дисципліни, на виконання практичної роботи відведено 4 академічні години, з яких: аудиторні заняття – 2 години, самостійна робота – 2 години.

Теоретичні положення

Конструктивно-технологічна характеристика деталей. Важливим елементом газорозподільного механізму ДВЗ є розподільний вал, який забезпечує своєчасне відкриття і закриття клапанів.

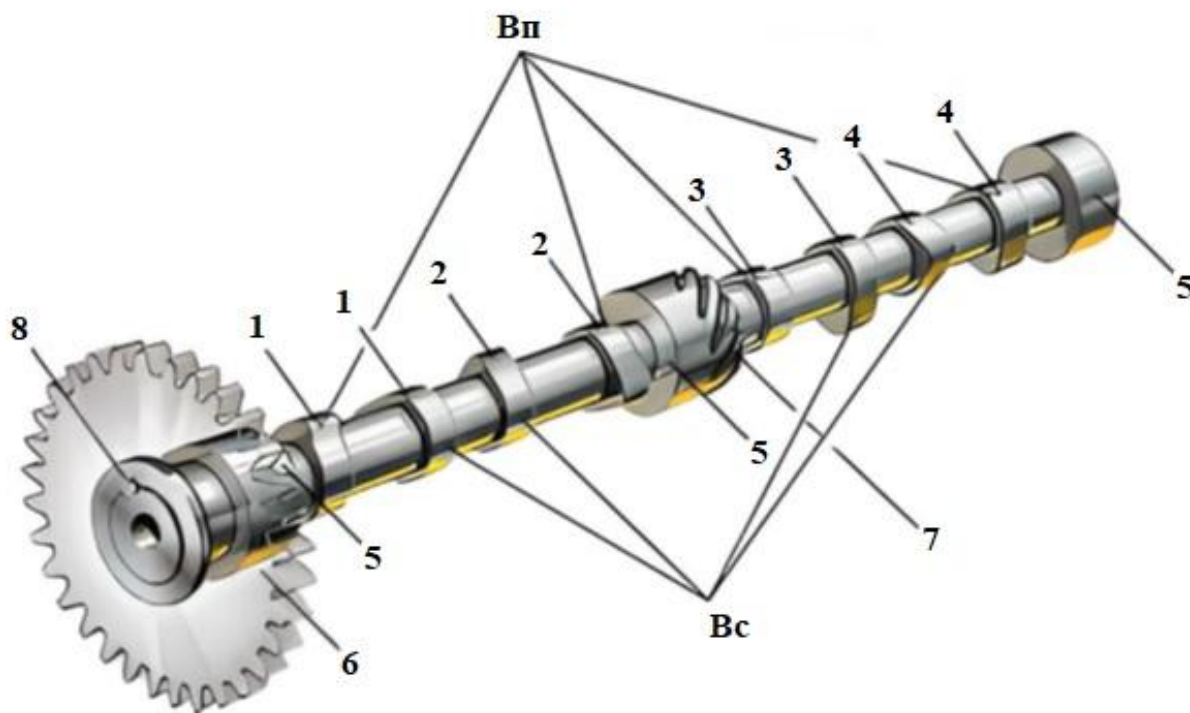
Основні конструктивні елементи розподільного вала: опорні шийки, впускні і випускні кулачки, шийка під розподільну шестерню, різьба під болт кріплення шестерні, ексцентрик приводу паливного насоса, шестерня приводу розподільника, центрові отвори (рис. 3.1) [26], [37], [39].

Кількість кулачків на розподільному валу дорівнює числу клапанів.

Вимоги до точності розмірів, форми, розміщення і шорсткості основних поверхонь аналогічні вимогам, що висуваються до колінчатого вала [26].

Матеріалом розподільного вала можуть бути вуглецеві та леговані сталі (наприклад, сталі 40, 40Г, 40Х, 45, 50, 15Х, 18ХГТ, 30ХГТ, 45ХН, 50Г2, 18ХГТ), леговані чавуни [15], [20], [21], [29], [36], [43], [50]. Розподільні вали виготовляють гарячим штампуванням або литтям в оболонкові форми.

Твердість шийок знаходиться в межах HRC 54...62, твердість кулачків і ексцентрика – в межах HRC 56...62 [36].



1, 2, 3, 4 – кулачки (Вп – впускні, Вс – випускні); 5 – опори;
 6 – шестірня урухомника розподільного вала; 7 – шестірня
 урухомника переривника-розподільника; 8 – шпонка
 Рисунок 3.1 – Розподільний вал газорозподільного механізму ДВЗ

Вид і характер дефектів. Способи їх усунення. Під час експлуатації на розподільний вал діють сили тертя, знакозмінні навантаження, вібрація, середовище, що викликають появу зносу розподільного вала Δ_3 до 0,05 мм, відхилення від розташування (паралельності, перпендикулярності, співвісності, биття) Δ_6 – до 0,10 мм, зменшення якості поверхні шийок та кулачків, механічні пошкодження [39].

Під дією навантажень в розподільному валі з'являються дефекти:

- механічні пошкодження (тріщини, задирки, риски, корозія, викришування зубів шестерень, зломи, відколи вершин кулачків);
- знос опорних шийок;
- знос впускних і випускних кулачків по висоті;
- прогин вала;
- знос чи пошкодження різьби;
- знос шпонкової канавки;
- пошкодження центрових отворів;
- знос посадочного місця під шестерню (рис. 3.2) [15], [36].

Кулачки розподільного вала спрацьовуються по висоті на робочій ділянці профілю, що призводить до зміни висоти підйому клапанів. Зменшення висоти підйому клапанів і часу відкриття камери впорскування приводить до відповідного зменшення коефіцієнта наповнення циліндра свіжим повітрям,

збільшення кількості залишкових газів і падінню потужності й економічності [36].

В результаті порушується кінематика руху клапана, збільшуються динамічні навантаження на клапани та деталі механізму привода і процеси зносу відбуваються більш інтенсивно [36].

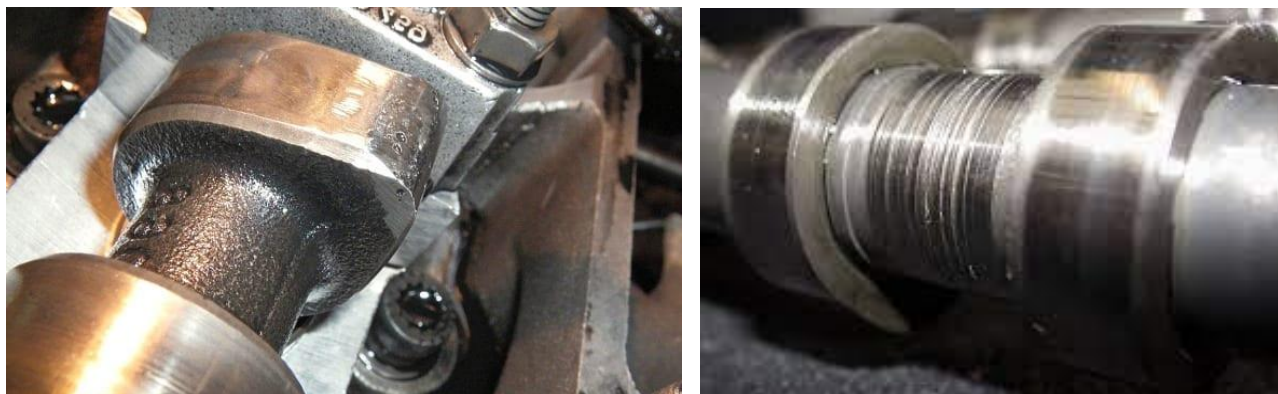


Рисунок 3.2 – Дефекти розподільного вала

Зовнішнім оглядом під час дефектування виявляють тріщини, зломи [41].

Вал вибраковують при наявності тріщин, аварійного вигину або скручування, злому і відколів металу по торцях вершин кулачків більш ніж 3 мм на ширині кулачка [36].

Бракувальним параметром кулачків є їх висота [36].

Дефекти, якщо вони не мають бракувальні ознаки, усувають обробкою під ремонтні розміри, слюсарно-механічною обробкою, пластичним деформуванням, вібродуговим наплавленням, наплавленням під шаром легуючого флюсу.

Поверхні розподільного вала, які контактують між собою, кулачки, опорні шийки ремонтують наплавленням, прогин вала – правкою [41].

Опорні шийки розподільного вала шліфують під зменшений ремонтний розмір.

При значному спрацюванні опорних шийок їх нарощують залізненням, вібродуговим або плазмовим наплавленням, напиленням, з наступним шліфуванням під номінальний розмір [36].

Овальність і конусність поверхні шийок після ремонту допускається не більше 0,03 мм, а шорсткість повинна бути не грубіше $R_a = 0,32$ мкм [36].

При зносі кулачків по висоті до 0,3 мм їх відновлюють шліфуванням на еквідистантний (практичний) профіль по копіру. Нарощують кулачки автоматичним наплавленням у середовищі вуглекислого газу за допомогою спеціального копіювального пристрою з охолодженням вала в процесі наплавлення, а також ручним електродуговим або газовим наплавленням [36].

Твердість наплавлених кулачків повинна бути не менше HRC 54...62 [36].

Обладнання, прилади та матеріали, необхідні для виконання роботи

- розподільний вал;
 - прилад для установки розподільного вала в центрах;
 - прилад для визначення биття розподільного вала;
 - лупа чотирикратного збільшення;
 - штатив із стійкою;
 - індикатор годинникового типу;
 - штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1;
 - мікрометри МК-25, МК-50, МК-75;
 - шаблони з профілем впускних і випускних кулачків;
 - рекомендована література [1]–[11], перелік якої надано в розділі «Список рекомендованої літератури»;
 - необхідна документація (технічні умови на дефектування, креслення деталей, довідкова література, характеристики інструментів);
 - технічні засоби навчання;
 - дистанційна платформа Moodle;
 - Teams;
 - активований акаунт університетської пошти (student.i.p.@nmu.one)
- Офіс 365.

Рекомендації щодо виконання роботи та обробки результатів експерименту

Правила охорони праці

Переконайтеся в правильній і безпечній установці розподільного вала на стенді; не прикладати надзвичайних зусиль при вимірювальних роботах, щоб запобігти поломці інструментів і травми.

1 Підготовка вихідних даних для дефектування розподільного вала

1.1 Ознайомитися з інформаційною базою [1]–[11], яка надана в розділі «Список рекомендованої літератури».

1.2 Вивчити конструктивно-технологічну характеристику розподільного вала (опорні шийки, кулачки, посадочне місце під розподільчу шестерню та ін.), технологічні вимоги; умови роботи розподільного вала та можливі дефекти; способи та засоби дефектування; технології ремонту.

1.3 Ознайомитися з робочим місцем, призначенням і налаштуванням обладнання та правилами охорони праці. Отримати деталі та інструменти. Підготувати інструменти до роботи.

1.4 Призначити конструктивні елементи деталей, що підлягають дефектуванню:

- опорні шийки;
- кулачки.

Для кожного конструктивного елемента, що підлягає дефектуванню, визначити технологічні параметри (точність розміру, форми та розташування; шорсткість поверхні; ремонтні розміри; розміри, які допустимі без ремонту).

Призначити способи та засоби дефектування.

1.5 Ознайомитись зі зразком звіту про виконання практичної роботи 3 (додаток Г). В бланк звіту записати найменування заданих для дефектування конструктивних елементів, значення технологічних параметрів, способи дефектування (п. 1).

2 Визначення технічного стану конструктивних елементів розподільного вала, що дефектуються

2.1 Встановити зовнішнім оглядом наявність вибраковочних дефектів розподільного вала.

Оглядом встановлюють наявність і розміри таких дефектів, як забоїни, глибокі риски, раковини на поверхні кулачків і шийок, отколи на їх торцях, пом'ятість і зрив різьб, стан шпоночних канавок та ін.

Якщо вибраковочні дефекти відсутні, тоді встановлюють місця розташування і характер задирів та інших видимих пошкоджень, а також стан фасок центрових отворів і різьби. На центрових фасках не повинно бути забоїн. За наявності зірваних ниток в різьбі визначають їх число.

Результати зовнішнього огляду розподільного вала потрібно записати до звіту (п. 2.1).

2.2 Виміряти діаметри опорних шийок за допомогою мікрометра. Шийки вимірюються в двох поясах I-I і II-II і двох взаємно перпендикулярних площинах А-А і Б-Б (рис. 3.3, а). Пояси вимірювань розташовані на відстані 5 мм від торців шийки. Площина А-А розташована в площині першого кулачка.

Результаті вимірювань записати до звіту (п. 2.2).

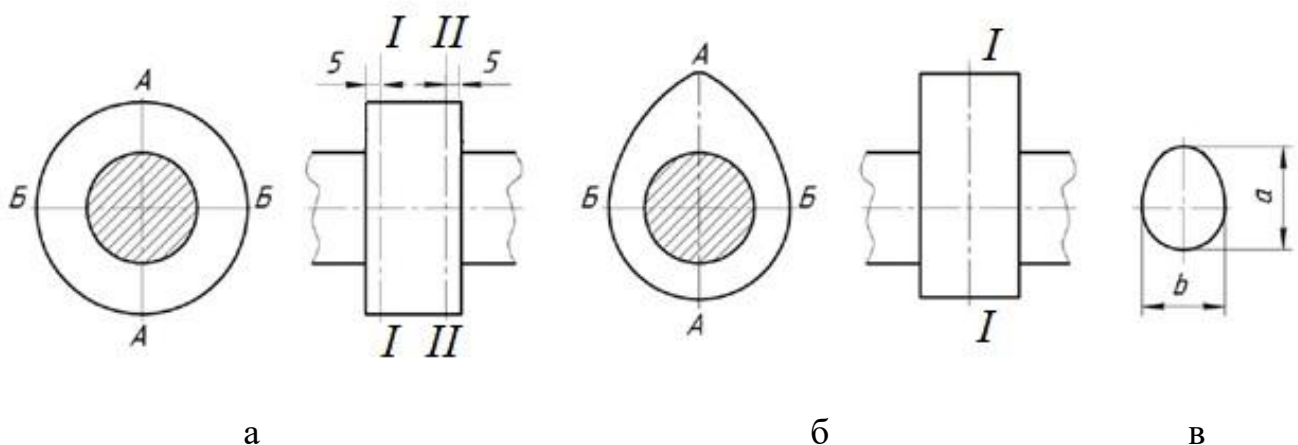


Рисунок 3.3 – Схема вимірювання опорних шийок (а) і кулачків (б, в) розподільного вала

2.3 Визначити величину загального зносу ($Z_{\text{заг}}$) для всіх шийок за формулою:

$$Z_{\text{заг}} = d_{\text{п}} - d_{\text{з}},$$

де $d_{\text{п}}$ – діаметр шийки до початку експлуатації, в якості якого обирається найменший граничний розмір по робочому або ремонтному кресленнях, мм;

$d_{\text{з}}$ – мінімальний діаметр шийки, в якості якого обирається діаметр шийки з найбільшим зносом, мм.

Результат розрахунку записати до звіту (п. 2.3).

2.4 Розрахувати величину одностороннього нерівномірного зносу ($Z_{\text{нерів}}$) за формулою:

$$Z_{\text{нерів}} = \beta \cdot Z_{\text{заг}},$$

де β – коефіцієнт нерівномірності зносу, який дорівнює 0,75 [26].

Результат розрахунку записати до звіту (п. 2.4).

2.5 Розрахувати нециліндричність опорних шийок. Овальність опорних шийок ($\Delta_{\text{ов}}$) визначається як різниця розмірів, виміряних в одному поясі, але в різних взаємно перпендикулярних площинах. Конусоподібність опорних шийок ($\Delta_{\text{конус}}$) визначається як різниця розмірів, виміряних в одній площині, але в різних поясах.

Для кожної шийки отримати два значення овальності:

$$\Delta_{\text{овI-I}} = d_{\text{A-AI-I}} - d_{\text{B-BI-I}};$$

$$\Delta_{\text{овII-II}} = d_{\text{A-AII-II}} - d_{\text{B-BII-II}}.$$

Найбільше значення овальності шийки записати до звіту (п. 2.2).

Для кожної шийки отримати два значення конусоподібності:

$$\Delta_{\text{конусA-A}} = d_{\text{maxA-A}} - d_{\text{minA-A}};$$

$$\Delta_{\text{конусB-B}} = d_{\text{maxB-B}} - d_{\text{minB-B}}.$$

Найбільше значення конусоподібності шийки записати до звіту (п. 2.2).

2.5 Розрахувати (при зносі в межах ремонтного розміру) ремонтний розмір обробки опорних шийок ($d_{\text{р}}$) за формулою:

$$d_{\text{р}} = d_{\text{з}} - Z_{\text{нерів}} - 2Z_{\text{р}},$$

де $2Z_{\text{р}}$ – мінімальний односторонній припуск на обробку.

Розрахунок вести для шийки, що має найбільший знос.

Зробити порівняння величини $d_{\text{р}}$ із значеннями категорійних ремонтних розмірів $d_{\text{рр}}$ та призначити найближчу меншу категорію, одну для всіх шийок:

$$d_{\text{рр}} \leq d_{\text{р}}.$$

Результат записати до звіту (п. 2.5).

2.6 Розрахувати висоту підйому кожного клапана:

- виміряти за допомогою мікрометра діаметр циліндрової частини кулачків в одному поясі (посередині) – розмір b (рис. 3.3, в);
- виміряти висоту кулачків – розмір a (рис. 3.3, в);
- розрахувати висоту підйому кожного клапана за формулою:

$$h = a - b.$$

Найменший розмір циліндричної частини і висоту підйому клапана записати до звіту (п. 2.6).

2.7 Визначити стан кулачків за профілем, оперши шаблон на кулачок, і встановити характер зносу. Результат записати до звіту (п. 2.7).

2.8 Визначити величину радіального биття розподільного вала:

– встановити штатив з індикатором годинникового типу на прилад для перевірки розподільного вала на биття таким чином, щоб стрижень індикатора упирався в середину середньої опорної шийки, а мала стрілка індикатора відійшла від нуля на одне-два ділення (рис. 3.4);

– поволі провертати розподільний вал, спостерігаючи, поки стрілка не займе одне з крайніх положень; потім повернути вал на 180° і визначити нове положення стрілки; різниця між максимальним і мінімальним значеннями визначає биття вала.

Величина прогину розподільного вала – це половина величини биття вала. Результат записати до звіту (п. 2.8).

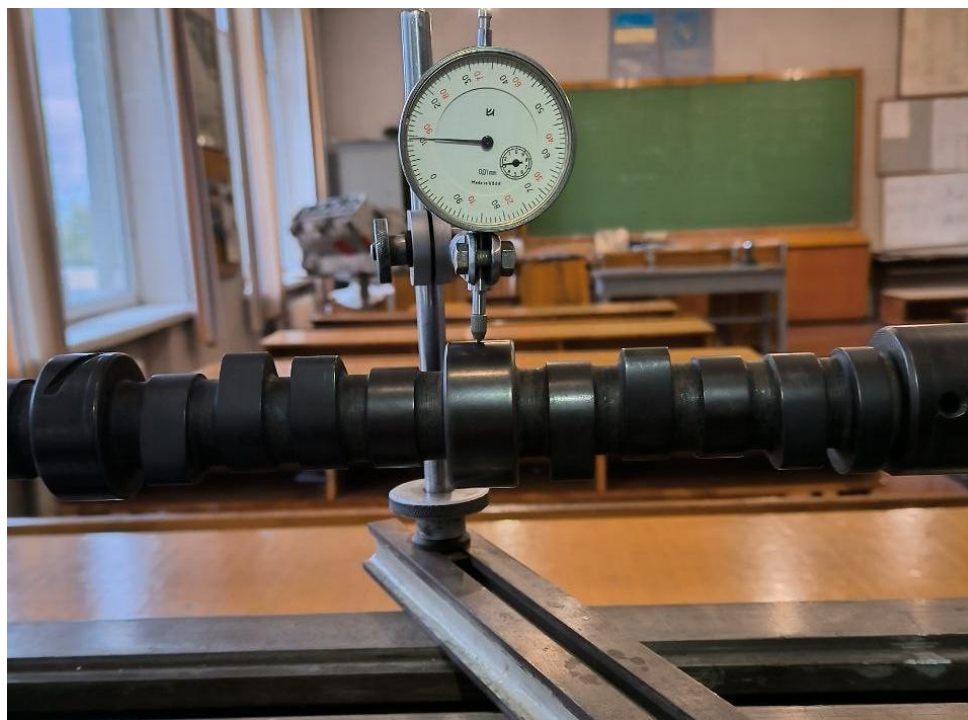


Рисунок 3.4 – Вимірювання радіального биття розподільного вала

3 Сортування деталей за результатами контролю

На підставі виконаних вимірювань та розрахунків визначити технічний стан розподільного вала.

Порівняти дійсний стан параметрів конструктивних елементів розподільного вала з технічними вимогами та записати категорію стану деталі «Без ремонту», «В ремонт», «Брак» до звіту (п. 3).

4 Призначення способів ремонту та зміст операцій для усунення дефектів деталей категорії «В ремонт»

Для деталей категорії «В ремонт» призначити спосіб ремонту та зміст операцій для усунення дефектів.

Результат записати до звіту (п. 4).

5 Оформлення звіту за результатами практичної роботи

Підсумковим етапом виконання практичної роботи є складання й оформлення звіту (додаток Г).

На підставі вимірювань, розрахунків та технічних вимог визначити технічний стан деталей і зробити висновки відносно придатності або непридатності деталей до роботи на автомобілі. Записати до звіту (п. 5).

Вимоги до оформлення та захисту результатів роботи

Звіт про виконання дефектування розподільного вала рекомендовано виконувати в наступній послідовності (додаток Г):

- надати характеристику розподільного вала, технічні вимоги;
- запропонувати способи дефектування;
- описати дефекти, що виявлені зовнішнім оглядом;
- вказати результати визначення технічного стану опорних шийок: діаметри опорних шийок; величину загального зносу опорних шийок; величину одностороннього нерівномірного зносу опорних шийок; овальність та конусоподібність опорних шийок; ремонтний розмір обробки опорних шийок;
- вказати результати визначення технічного стану кулачків: діаметр циліндрової частини кулачків в одному поясі; висоту кулачків; висоту підйому кожного клапана; стан кулачків за профілем;
- розрахувати радіальне биття розподільного вала, величину прогину розподільного вала;
- зробити сортування деталей за результатами контролю;
- призначити способи ремонту та зміст операцій для усунення дефектів деталей категорії «В ремонт»;
- зробити висновки за результатами дефектування розподільного вала.

Виконану практичну роботу та оформлений звіт треба захистити та отримати оцінку за результатами поточного контролю.

Питання для підготовки до захисту результатів практичної роботи

- 1 Які конструктивні елементи розподільного вала підлягають дефектуванню?
- 2 Які дефекти розподільного вала виникають під час експлуатації?
- 3 Які дефекти розподільного вала можливо визначити зовнішнім оглядом?
- 4 Які параметри характеризують стан опорних шийок і кулачків розподільного вала?
- 5 Як розташовані пояси і площини вимірювання опорних шийок?
- 6 Скільки разів визначаються овальність і конусоподібність кожної опорної шийки?
- 7 Як визначити величину ремонтного розміру для опорних шийок?
- 8 Як визначають спрацювання кулачків розподільного вала?
- 9 Як визначити висоту підйому клапана кулачком?
- 10 Як впливає зменшення висоти підйому клапана на роботу двигуна?
- 11 Як перевірити профіль кулачка розподільного вала?
- 12 Як впливає зміна профілю кулачка на роботу двигуна?
- 13 Як відновлюють спрацювання кулачків розподільного вала?
- 14 Як визначається радіальне биття розподільного вала?
- 15 Чому при вимірюванні радіального биття вала мала стрілка індикатора встановлюється не на нульове ділення, а на одне-два ділення?
- 16 Як визначити величину прогину розподільного вала?

Критерії оцінювання практичної роботи

Звіт з практичної роботи наводиться у системі Microsoft Office 365. Виконаний звіт відсилається на дистанційну платформу Moodle.

Практична робота оцінюється якістю звіту про виконання практичної роботи експертним методом з використанням критеріїв, зазначених в робочій програмі та силабусі навчальної дисципліни.

Практична робота оцінюється у 100 балів.

Список рекомендованої літератури: [1]–[11].

Додатки

Рекомендовані додатки А і Г.

Практична робота 4

Дефектування шатуна

Мета та очікувані результати навчання

Метою практичної роботи є надбання практичних навичок виявлення дефектів та визначення технічного стану шатуна, а також використання засобів контролю дефектів та технічних умов на дефектування.

В результаті виконання практичної роботи здобувачі зможуть набути таких умінь і навичок:

- володіння методикою визначення технічного стану шатуна;
- уміння самостійно аналізувати технічний стан шатуна.

Завдання і тривалість роботи

1 Підготовка вихідних даних для дефектування шатуна.

2 Визначення технічного стану конструктивних елементів шатуна, що дефектуються.

3 Сортування деталей за результатами контролю.

4 Призначення способів ремонту та зміст операцій для усунення дефектів деталей категорії «В ремонт».

5 Оформлення звіту за результатами практичної роботи.

Відповідно до робочої програми навчальної дисципліни, на виконання практичної роботи відведено 4 академічні години, з яких: аудиторні заняття – 2 години, самостійна робота – 2 години.

Теоретичні положення

Конструктивно-технологічна характеристика деталей. Шатун з'єднує поршень з колінчатим валом, передає зусилля від поршня до колінчатого вала, перетворює зворотно-поступальний рух поршня в обертальний рух колінчатого вала [29], [38], [40]. Шатун здійснює складний рух: верхня головка разом з поршнем рухається зворотно-поступально, а нижня головка обертається разом із шатунною шийкою колінчатого вала; стрижень шатуна здійснює коливальний рух [29].

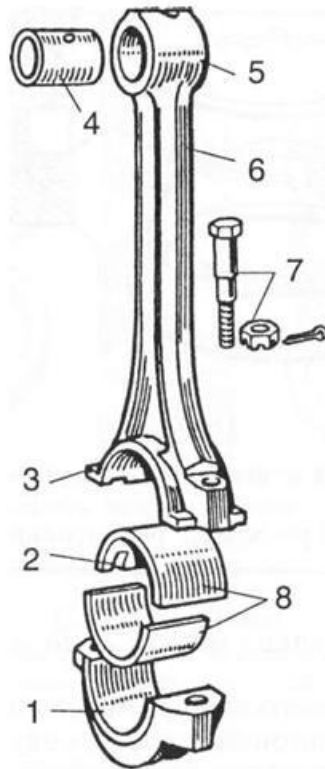
Основні конструктивні елементи шатуна: верхня та нижня головки, стрижень, отвори під болти нижньої головки [30], [39], [41].

У верхню головку запресована бронзова втулка 4 під поршневий палець (рис. 4.1), а для підведення оливи у головці та втулці зроблені отвори [38].

Нижня головка шатуна 3 роз'ємна (рис. 4.1). З'ємна частина нижньої головки шатуна 1 називається кришкою шатуна і кріпиться до шатуна двома болтами 7. Підшипники нижньої головки шатуна – два шатунні вкладиші, які утримуються від зміщення виступами, що входять у відповідні пази на шатуні й кришці [38].

Матеріал: Шатуни двигунів внутрішнього згорання виготовляють з вуглецевих та легованих сталей (наприклад, 40, 45, 40Г, 45Г2, 40Х, 40Р, 40ХФА, 40ХН2МА) штампуванням або періодичною прокаткою [20], [21], [26], [29], [50].

Термічна обробка шатунів може включати нормалізацію, загартування та високий відпуск, що забезпечує твердість поверхні в межах 38...42 HRC.



1 – кришка нижньої головки; 2 – вусики, що фіксують вкладиші; 3 – нижня головка; 4 – втулка верхньої головки; 5 – верхня головка; 6 – стрижень шатуна; 7 – болт із гайкою для кріплення кришки нижньої головки; 8 – вкладиші нижньої головки

Рисунок 4.1 – Шатун [38]

Втулки верхньої головки шатуна виготовляють з бронзи різних марок [29].

Точність розмірів оброблюваної поверхні повинна знаходитися в межах 4...5 квалітетів, шорсткість отворів, що обробляються, R_a не повинна бути більше ніж 0,63 мкм [26], [30], [39], [40].

У відремонтованому шатуні непаралельність осей отворів головок шатуна не повинна становити більше 0,04 мм, а перекіс осей – не повинен перевищувати 0,05 мм на довжині 100 мм [30].

Відстань між осями головок витримується з точністю до $\pm 0,05$ мм [26].

Шатуни повинні відповідати заданій вазі.

Вид і характер дефектів. Способи їх усунення.

В процесі роботи на шатун діють значні навантаження від тиску газів у циліндрах та інерційних сил, які викликають напругу вигину та кручення в умовах підвищеної температури та контактних циклічних навантажень на

поверхні отворів. Це спричиняє появу зносів отворів та торців нижньої головки, деформацію вигину та скручування (рис. 4.2) [40].

Характерними дефектами шатунів є:

- тріщини;
- спрацювання отвору верхньої головки шатуна;
- обрив шатунних болтів і стрижня шатуна;
- зношення вкладишів нижньої головки шатуна (100 % тих, що потрапили в ремонт);
- зношення торців нижньої головки шатуна;
- зношення отвору під болт кріплення кришок шатунів;
- зношення болтів кріплення;
- згинання і скручування стрижня шатуна [15], [26], [29], [30], [40].



а – злам стрижня; б – згин стрижня; в – кручення стрижня

Рисунок 4.2 – Дефекти шатуна [40]

Основними дефектами втулок верхньої головки шатуна є знос внутрішньої поверхні і послаблення посадки у верхній головці шатуна [29].

Шатуни вибраковуюються при наявності різноманітних тріщин, зломів, з деформованими головками і стрижнями, із спрацьованими поверхнями отворів нижніх і верхніх головок (більше 1 мм), що вже розточувалися раніше [26], [30].

Виявлені спрацювання шатунів ремонтуються слюсарно-механічною обробкою та залізненням.

Шатуни, що мають згинання або скручування більш ніж 0,04 мм та 0,05 мм, відповідно, на довжині 100 мм, правлять під пресом з наступною термічною обробкою (стабілізацією), наприклад, нагріванням до 400...450 °С та витримкою 1,5 години [15], [26], [30].

Спрацьовану й деформовану поверхню отвору верхньої головки шатуна розточують або розвертають під збільшений ремонтний розмір втулки [30].

При зміні відстані між осями верхньої та нижньої головок нижню головку шатуна відновлюють насталуванням [15].

Якщо спрацьовані поверхні отворів верхньої та нижньої головок шатуна (або втулки верхньої та поверхні нижньої головок), то відновити нормальну відстань між осями отворів шатуна можливо розточуванням отворів з однієї установки (наприклад, на двошпindelному верстаті) [30].

При зношенні торців нижньої головки шатуна виконують насталування торців нижньої головки [15].

При зношенні болтів та отвору під болти виконують заміну болтів [15].

Обладнання, прилади та матеріали, необхідні для виконання роботи

- шатун;
 - динамометричний ключ з головками;
 - пристрій для визначення вигину та скрученості шатуна;
 - мікрометри МК-50, МК-75;
 - індикаторні нутроміри НІ-50, НІ-100;
 - штангенциркуль ШЦ-ІІ-160-0,05;
 - щупи пластинчаті;
 - рекомендована література [1]–[11], перелік якої надано в розділі «Список рекомендованої літератури»;
 - необхідна документація (технічні умови на дефектування, креслення деталей, довідкова література, характеристики інструментів);
 - технічні засоби навчання;
 - дистанційна платформа Moodle;
 - Teams;
 - активований акаунт університетської пошти (student.i.p.@nmu.one)
- Офіс 365.

Рекомендації щодо виконання роботи та обробки результатів експерименту

Правила охорони праці

Не прикладати надмірних зусиль при вимірювальних роботах, щоб запобігти псуванню інструментів і травмуванню.

1 Підготовка вихідних даних для дефектування шатуна

1.1 Ознайомитися з інформаційною базою [1]–[11], яка надана в розділі «Список рекомендованої літератури».

1.2 Вивчити конструктивно-технологічну характеристику шатуна (верхню та нижню головки, стрижень, отвори під болти нижньої головки та ін.), технологічні вимоги; умови роботи шатуна та можливі дефекти; способи та засоби дефектування; технології ремонту.

1.3 Ознайомитися з робочим місцем, призначенням і налаштуванням обладнання та правилами охорони праці. Отримати деталі та інструменти. Підготувати інструменти до роботи.

1.4 Призначити конструктивні елементи шатуна, що підлягають дефектуванню:

- верхня головка;
- нижня головка;
- шатун в зборі.

Для кожного конструктивного елемента, що підлягає дефектуванню, визначити технологічні параметри (точність розміру, форми та розташування; шорсткість поверхні; ремонтні розміри; розміри, які допустимі без ремонту).

Призначити способи та засоби дефектування.

1.5 Ознайомитись зі зразком звіту про виконання практичної роботи 4 (додаток Д). В бланк звіту записати найменування заданих для дефектування конструктивних елементів, значення технологічних параметрів, способи дефектування (п. 1).

2 Визначення технічного стану конструктивних елементів шатуна, що дефектуються

2.1 Встановити зовнішнім оглядом наявність вибракованих дефектів шатуна, а при їх відсутності – місця розташування і характер задирів і інших видимих пошкоджень.

При зовнішньому огляді звернути увагу на наявність зсуву метала і задирів на поверхні отвору нижньої головки шатуна і тріщин.

Результати зовнішнього огляду шатуна потрібно записати до звіту (п. 2.1).

2.2 Виміряти діаметри отворів нижньої та верхньої головок шатуна за допомогою індикаторного нутроміра.

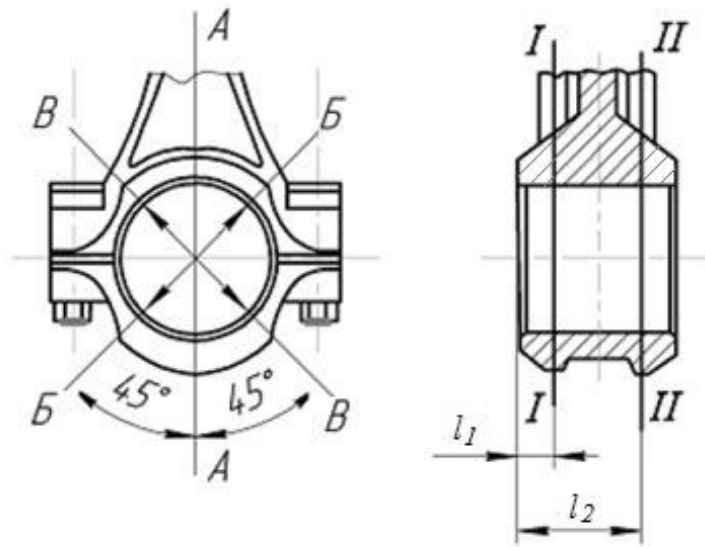
До початку вимірювання перевірити установку мікрометра на нуль. Налаштувати індикаторний нутромір за розміром, що встановлений на мікрометрі. Велику стрілку потрібно встановити на нуль. Мала стрілка повинна відійти від нуля на 1...2 поділи, що свідчить про контакт вимірювального щупа індикаторного нутроміра і поверхні деталі.

Затягнути гайки болтів кришки нижньої головки динамометричним ключем з необхідним моментом і послідовністю.

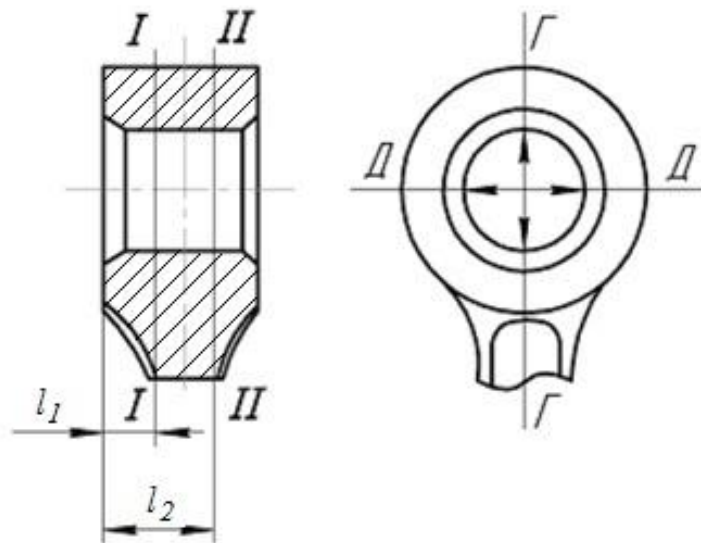
Виміряти діаметр отвору нижньої головки шатуна індикаторним нутроміром в поясах I–I і II–II (рис. 4.3, а), що знаходяться на відстанях $l_1 = 1/4$ та $l_2 = 3/4$ відносно ширини головки, в площинах: А–А (перпендикулярно площини роз'єму), Б–Б і В–В (під кутом 45° від площини А–А в обидві сторони).

Найбільшу з отриманих величин записати до звіту (п. 2.2).

Виміряти індикаторним нутроміром діаметр отвору верхньої головки шатуна. Отвори вимірюються в двох поясах і двох площинах. Пояси вимірювань I–I і II–II знаходяться на відстані $l_1 = 1/4$ та $l_2 = 3/4$ відносно ширини головки. В кожному поясі отвір верхньої головки вимірюється в площинах Г–Г і Д–Д (рис. 4.3, б). Найбільшу з отриманих величин записати до звіту (п. 2.2).



а



б

Рисунок 4.3 – Схема вимірів діаметрів отворів нижньої (а) і верхньої (б) головок шатуна

2.3 Визначити величину загального зносу ($Z_{\text{заг}}$) отворів нижньої та верхньої головок шатуна за формулою:

$$Z_{\text{заг}} = D_{\text{в}} - D_{\text{п}},$$

де $D_{\text{в}}$ – найбільший діаметр отвору, який визначений при вимірах, мм;

$D_{\text{п}}$ – діаметр отвору до початку експлуатації, у якості якого обирається найбільший граничний розмір за робочим кресленням, мм.

Результат розрахунку записати до звіту (п. 2.3).

2.4 Розрахувати величину одностороннього нерівномірного зносу ($Z_{\text{нерів}}$) отворів нижньої та верхньої головок шатуна за формулою:

$$Z_{\text{нерів}} = \beta \cdot Z_{\text{заг}},$$

де β – коефіцієнт нерівномірності зносу, який дорівнює:

0,55 – для розрахунку одностороннього нерівномірного зносу отвору нижньої головки шатуна;

0,65 – для розрахунку одностороннього нерівномірного зносу отвору верхньої головки шатуна [26].

Результати розрахунку записати до звіту (п. 2.4).

2.5 Розрахувати нециліндричність отворів нижньої та верхньої головок шатуна.

Розрахувати нециліндричність отвору нижньої головки шатуна – овальність ($\Delta_{\text{ов}}$) і конусоподібність ($\Delta_{\text{конус}}$).

Для отвору нижньої головки шатуна отримати два значення овальності та три значення конусоподібності за формулами:

$$\Delta_{\text{овI-I}} = D_{\text{maxI-I}} - D_{\text{minI-I}};$$

$$\Delta_{\text{овII-II}} = D_{\text{maxII-II}} - D_{\text{minII-II}};$$

$$\Delta_{\text{конусA-A}} = D_{\text{maxA-A}} - D_{\text{minA-A}};$$

$$\Delta_{\text{конусB-B}} = D_{\text{maxB-B}} - D_{\text{minB-B}};$$

$$\Delta_{\text{конусB-B}} = D_{\text{maxB-B}} - D_{\text{minB-B}}.$$

Найбільші значення овальності та конусоподібності отвору нижньої головки шатуна записати до звіту (п. 2.2).

Розрахувати нециліндричність отвору верхньої головки шатуна – овальність ($\Delta_{\text{ов}}$) і конусоподібність ($\Delta_{\text{конус}}$).

Для отвору верхньої головки шатуна отримати два значення овальності та два значення конусоподібності за формулами:

$$\Delta_{\text{овI-I}} = D_{\text{maxI-I}} - D_{\text{minI-I}};$$

$$\Delta_{\text{овII-II}} = D_{\text{maxII-II}} - D_{\text{minII-II}};$$

$$\Delta_{\text{конус}\Gamma-\Gamma} = D_{\text{max}\Gamma-\Gamma} - D_{\text{min}\Gamma-\Gamma};$$

$$\Delta_{\text{конусД-Д}} = D_{\text{maxД-Д}} - D_{\text{minД-Д}}.$$

Найбільші значення овальності та конусоподібності отвору верхньої головки шатуна записати до звіту (п. 2.2).

2.6 Визначити відстань між осями отворів верхньої і нижньої головок шатуна L за формулою:

$$L = l + \frac{(D_{\text{в}} + D_{\text{н}})}{2},$$

де l – відстань між головками шатуна, мм;

$D_{\text{в}}$ – діаметр отвору верхньої головки шатуна, мм;

$D_{\text{н}}$ – діаметр отвору нижньої головки шатуна, мм.

Результат розрахунку записати до звіту (п. 2.5).

2.7 Зробити налаштування приладу для контролю шатуна [36], [41]. Виміряти величини непаралельності h та відхилення осей від знаходження в одній площині (перекосу) δ для визначення величин вигину $X_{\text{в}}$ та скручування $X_{\text{с}}$, відповідно.

Для визначення величин вигину і скручування шатуна необхідно:

– встановити шатун отвором нижньої головки на пристрій;

– встановити розтискну оправку в отвір верхньої головки шатуна;

– встановити на розтискну оправку контрольну призму таким чином, щоб її штирі торкались площини пристосування. Записати показники стрілок індикаторів при горизонтальному положенні скоби, визначити різницю показників h (рис. 4.4). Скобу з індикаторними головками встановити вертикально (до упора), знайти різницю показників δ (рис. 4.4).

В технічних вимогах допустимі непаралельність і перекіс осей подані на 100 мм довжини шатуна. На пристрої виміри виконуються на довжині L , яка є вимірювальною базою (відстанню між вимірювальними стрижнями індикаторів).

Величина вигину шатуна $X_{\text{в}}$ розраховуються за формулою:

$$X_{\text{в}} = 100 \cdot \frac{h}{L},$$

де h – вимірне значення непаралельності, мм;

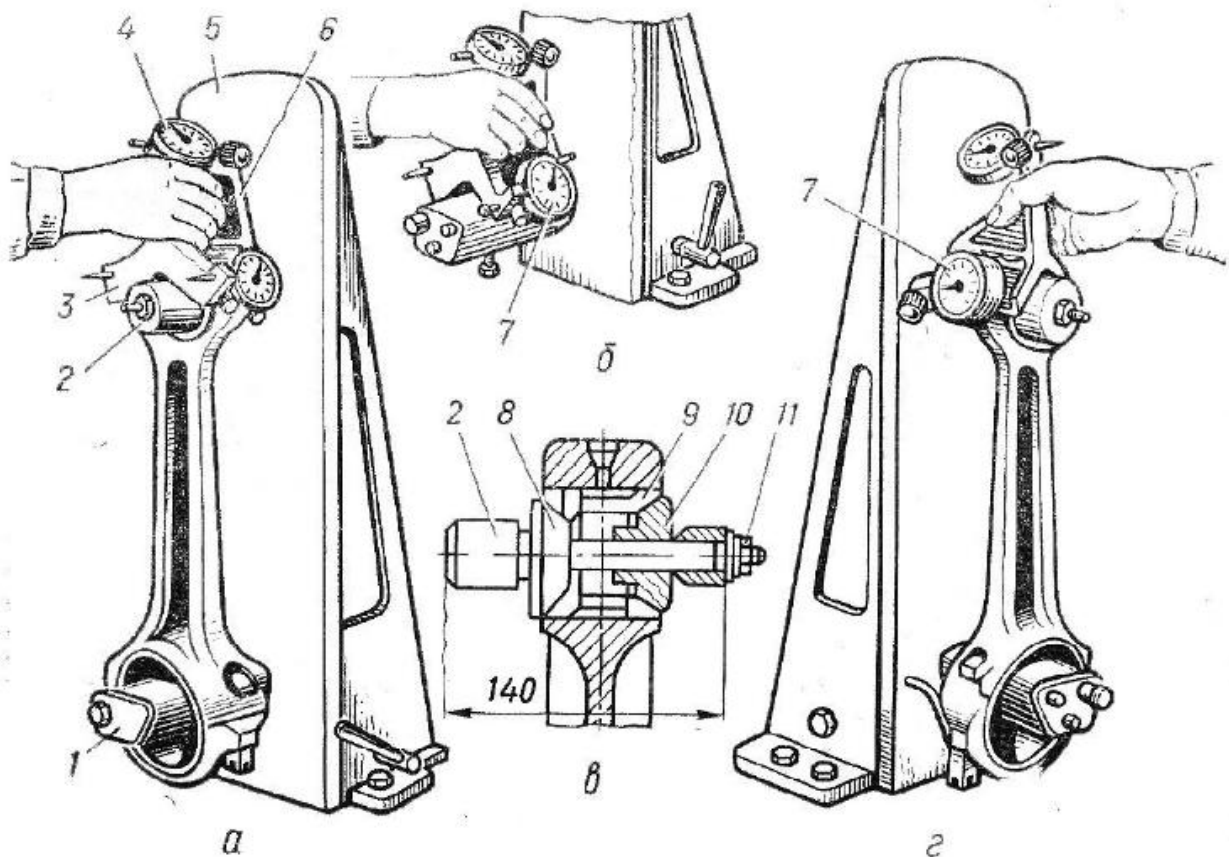
L – відстань між штирями призми, мм.

Скручування шатуна X_c розраховується за формулою:

$$X_c = 100 \cdot \frac{\delta}{L},$$

де δ – вимірне значення відхилення осей від знаходження в одній площині, мм;

L – відстань між штирями призми, мм.



а – перевірка шатуна на вигин; б – встановлення індикаторів; в – встановлення розтискної оправки; г – перевірка шатуна на скручування
1 – оправка; 2 – розтискна оправка; 3 – призма; 4, 7 – індикатори; 5 – плита;
6 – упор; 8, 10 – конуси; 9 – розтискна втулка оправки; 11 – гайка
Рисунок 4.4 – Перевірка шатуна на вигин та скручування [30]

Результати визначення величин вигину та скручування записати до звіту (п. 2.6).

3 Сортування деталей за результатами контролю

На підставі виконаних вимірювань та розрахунків визначити технічний стан шатуна.

Порівняти дійсний стан параметрів конструктивних елементів шатуна з технічними вимогами та записати категорію стану деталі «Без ремонту», «В ремонт», «Брак» до звіту (п. 3).

4 Призначення способів ремонту та зміст операцій для усунення дефектів деталей категорії «В ремонт»

Для деталей категорії «В ремонт» призначити спосіб ремонту та зміст операцій для усунення дефектів.

Результат записати до звіту (п. 4).

5 Оформлення звіту за результатами практичної роботи

Підсумковим етапом виконання практичної роботи є складання й оформлення звіту (додаток Д).

На підставі вимірювань, розрахунків та технічних вимог визначити технічний стан шатуна і зробити висновки про їх придатність, непридатність або спосіб усунення дефектів. Записати до звіту (п. 5).

Вимоги до оформлення та захисту результатів роботи

Звіт про виконання дефектування шатуна рекомендовано виконувати в наступній послідовності (додаток Д):

- надати характеристику шатуна та технічні вимоги;
- запропонувати способи дефектування;
- описати дефекти, що виявлені зовнішнім оглядом;
- вказати результати визначення технічного стану шатуна: діаметри отворів нижньої та верхньої головок шатуна; величину загального зносу отворів нижньої та верхньої головок шатуна; величину одностороннього нерівномірного зносу отворів нижньої та верхньої головок шатуна; нециліндричність отворів нижньої та верхньої головок шатуна; відстань між осями отворів верхньої і нижньої головок шатуна; вигин та скручування шатуна;
- зробити сортування деталей за результатами контролю;
- призначити способи ремонту та зміст операцій для усунення дефектів деталей категорії «В ремонт»;
- зробити висновки за результатами дефектування шатуна.

Виконану практичну роботу та оформлений звіт треба захистити та отримати оцінку за результатами поточного контролю.

Питання для підготовки до захисту результатів практичної роботи

- 1 Які основні конструктивні елементи шатуна та його дефекти?
- 2 Які дефекти виникають під час експлуатації шатуна?
- 3 Чим відрізняється дефектування від контролю та діагностування?
- 4 Яка документація необхідна для дефектування шатуна?
- 5 Які дефекти шатуна можливо визначити зовнішнім оглядом?

6 Які параметри характеризують технічний стан верхньої і нижньої головок шатуна?

7 Що визначає різниця діаметрів отвору шатуна, які виміряні в одній площині, але в різних поясах?

8 Що визначає різниця діаметрів отвору шатуна, які виміряні в одному поясі, але в різних площинах?

9 Як розташовані площини для вимірювання отвору в нижній головці шатуна?

10 Як розташовані площини для вимірювання отвору в верхній головці шатуна?

11 На якій відстані розташовані пояси вимірювань отворів в головках шатуна?

12 Як визначити вигин шатуна?

13 Як визначити скручування шатуна?

14 Які причини деформації шатуна?

15 Який вплив оказує якість робіт з дефектування на вартість і якість ремонту?

Критерії оцінювання практичної роботи

Звіт з практичної роботи наводиться у систему Microsoft Office 365. Виконаний звіт відсилається на дистанційну платформу Moodle.

Практична робота оцінюється якістю звіту про виконання практичної роботи експертним методом з використанням критеріїв, зазначених в робочій програмі та силабусі навчальної дисципліни.

Практична робота оцінюється у 100 балів.

Список рекомендованої літератури: [1]–[11].

Додатки

Рекомендовані додатки А і Д.

Практична робота 5

Дефектування підшипників кочення

Мета та очікувані результати навчання

Метою практичної роботи є надбання практичних навичок виявлення дефектів та визначення технічного стану підшипників кочення, а також використання засобів контролю дефектів та технічних умов на дефектування.

В результаті виконання практичної роботи здобувачі зможуть набути таких умінь і навичок:

- володіння методикою визначення технічного стану підшипників кочення;
- уміння самостійно аналізувати технічний стан підшипників кочення.

Завдання і тривалість роботи

1 Підготовка вихідних даних для дефектування підшипників кочення.

2 Визначення технічного стану конструктивних елементів підшипників кочення, що дефектуються.

3 Сортування підшипників кочення за результатами контролю.

4 Оформлення звіту за результатами практичної роботи.

Відповідно до робочої програми навчальної дисципліни, на виконання практичної роботи відведено 4 академічні години, з яких: аудиторні заняття – 2 години, самостійна робота – 2 години.

Теоретичні положення

Конструктивно-технологічна характеристика деталей. Підшипники кочення – це елементи опор осей, валів та інших деталей, що працюють на використанні принципу тертя кочення [44]–[47].

Основне призначення підшипників – підтримувати обертові деталі в просторі, сприймаючи діючі на них навантаження [44], [45].

Підшипники кочення є основними видами опор в машинах, вони стандартизовані і виготовляються на спеціалізованих заводах масовим виробництвом [38].

Конструктивні елементи підшипника кочення показано на рис. 5.1, 5.2, а.

Основними конструктивними елементами підшипників кочення є зовнішнє кільце, внутрішнє кільце, тіла кочення та сепаратор [39], [44], [46], [47].

Матеріал: Основним матеріалом для виготовлення кілець та тіл кочення підшипників є шарикопідшипникові хромисті сталі (наприклад, ШХ9, ШХ15, ШХ15-Ш, ШХ15-В, ШХ15СГ, ШХ15СГ-Ш, ШХ15СГ-В, ШХ20СГ) [21], [43], [44], [47].

Сепаратори виготовляють із вуглецевих сталей звичайної якості, бронз, латуней, полімерних матеріалів [47].

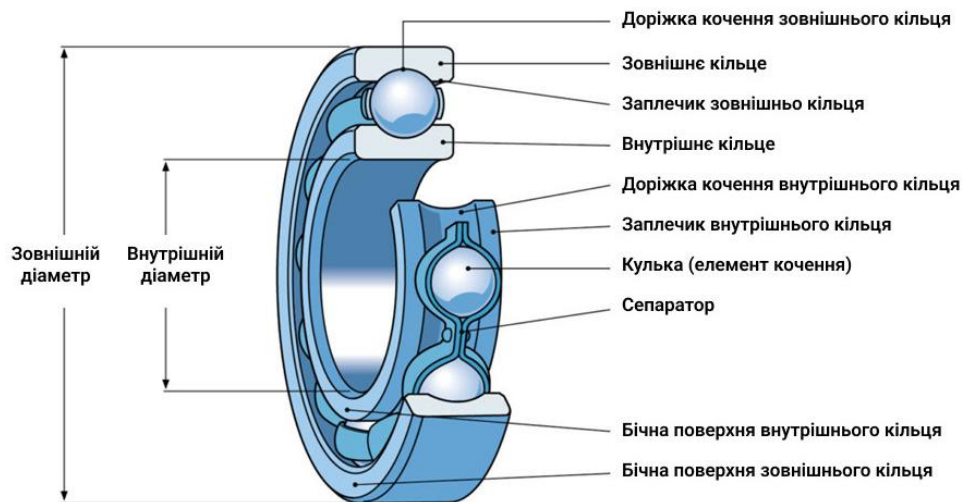


Рисунок 5.1 – Конструктивні елементи підшипника кочення

Основною характеристикою підшипника кочення є його тип, який вказує на напрямок діючого навантаження і форму тіл кочення [39]. Існуюча класифікація містить десять типів підшипників кочення, які позначаються цифрами від 0 до 9 [39]. Підшипники виготовляються п'яти класів точності: 0, 6, 5, 4 і 2 (перелік подано у порядку підвищення точності).

На автомобілях застосовують, в основному, підшипники класу 0. Для відремонтованих підшипників встановлені три класи точності: НР, ОР і УР (клас НР відповідає класу 0 нового підшипника) [39].

Умови роботи підшипника залежать від типу і місця розташування. В загальному випадку, умови роботи підшипника визначаються дією сил тертя, корозії, температури, вібрації, змінного за величиною багатократного контактного навантаження.

Тип, позначення, місце розташування і номінальні розміри підшипників, на прикладі КрАЗ-257, наведені в табл. 5.1.

Параметри підшипників кочення позначаються таким чином: D – діаметр зовнішньої поверхні зовнішнього кільця, d – діаметр отвору внутрішнього кільця, B – ширина зовнішнього кільця, b – ширина внутрішнього кільця, S_p – радіальний зазор, S_o – осьовий зазор (рис. 5.2) [39], [46].

Кільця підшипників мають малу товщину і порівняно легко деформуються після складання з валами і корпусами, тому придатність підшипників визначається середніми значеннями діаметрів:

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

де D_m – середнє значення діаметра зовнішньої поверхні зовнішнього кільця;

D_{max} – найбільше значення діаметра зовнішньої поверхні зовнішнього кільця;

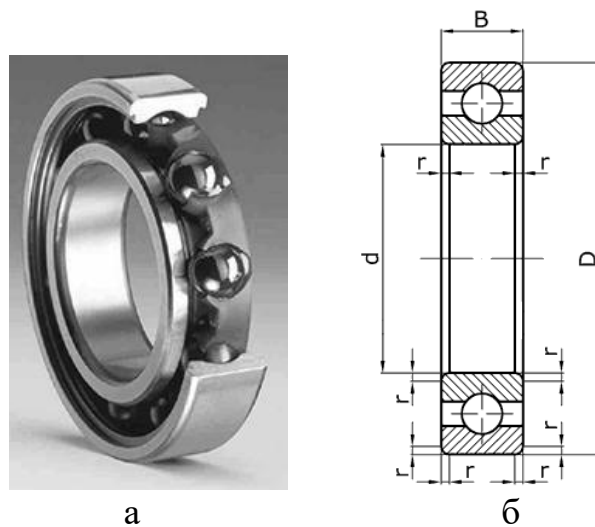
D_{min} – найменше значення діаметра зовнішньої поверхні зовнішнього кільця;

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

де d_m – середнє значення діаметра отвору внутрішнього кільця;
 d_{max} – найбільше значення діаметра отвору внутрішнього кільця;
 d_{min} – найменше значення діаметра отвору внутрішнього кільця.

Таблиця 5.1 – Кулькові радіальні підшипники

№ п/п	Місце розташування	КрАЗ-257	
		№ підшипника	Габарити, мм
1	Генератор	303	17x47x14
		203	17x40x12
2	Вентилятор	205К	25x52x15
		305	25x62x17
3	Масляний насос	118034	20x52x18
4	Компресор	50207	35x72x17
5	ПНВТ	305	25x62x17
6	Колінчатий вал	602005К	25x52x15
7	Ведучий вал коробки передач	50314	70x150x35
8	Проміжний вал коробки передач	50409	45x120x29
9	Ведений вал коробки передач	50411	55x140x33
10	Роздавальна коробка	308	40x90x23
11	Роздавальна коробка	50412	60x150x35
12	Проміжна опора	311	55x120x29
13	Задній міст	950218	90x160x30



а – конструктивні елементи; б – позначення параметрів

Рисунок 5.2 – Підшипники

Точність розмірів підшипників визначається технологічними допусками (відхиленнями, що допускаються) за зовнішнім і внутрішнім діаметрами, а також за шириною зовнішнього і внутрішнього кілець. Технологічні допуски підшипників кочення класу точності 0 наведені в табл. 5.2 [39].

Таблиця 5.2 – Технологічні допуски підшипників кочення класу точності «0»

Інтервал номінальних діаметрів d, D , мм	Нижнє допустиме відхилення, мкм		
	d	D	B, b
18...30	-10	-9	-120
30...50	-12	-11	-120
50...80	-15	-13	-150
80...120	-20	-15	-200
120...150	-25	-18	-250

Підшипники при обертанні зовнішнього кільця щодо внутрішнього повинні мати рівний і м'який, без заїдання хід, що супроводжується незначним шумом. Характер обертання кілець залежить від зазору між кільцями і тілами кочення в підшипнику до посадки його на робоче місце і називається початковим радіальним зазором.

Розміри радіальних зазорів в радіальних однорядних кулькових підшипниках наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Розміри радіальних зазорів в радіальних однорядних кулькових підшипниках

Внутрішній діаметр підшипника d , мм	Радіальний зазор S_r , мкм		Величина контрольного навантаження, Н
	найменший	найбільший	
18...30	10	24	50
30...40	12	26	100
40...50	12	29	100
50...65	13	33	100
65...80	14	34	150
80...100	16	40	150

Нормування початкових радіальних зазорів дозволяє забезпечити раціональний розподіл навантаження між тілами кочення, максимальне зменшення вібрації підшипника при роботі, зміщення вала та корпусу в радіальному і осьовому напрямках в межах зазору в підшипнику, зменшення шуму, що виникає при роботі.

Осьовий зазор в підшипниках наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Осьовий зазор в підшипниках кочення

Внутрішній діаметр підшипника d , мм	Діаметр кульки d_k , серії підшипників			Допустимі межі осьового зазору, мкм
	2-ї легкої	3-ї середньої	4-ї важкої	
25	7,94	11,51	16,67	30...50
30	9,53	12,30	19,05	40...70
35	11,11	14,29	20,64	40...70
40	12,70	15,05	22,23	40...70
45	12,70	17,46	23,02	40...70
50	12,70	19,05	25,04	50...100

Співвідношення між осьовим і радіальним зазорами в підшипниках визначається за формулою:

$$2S_o = 0,4 \cdot \sqrt{S_p \cdot d_k},$$

де $2S_o$ – осьовий зазор;

S_p – радіальний зазор;

d_k – діаметр кульки, мм.

Підшипники в зборі перевіряють за радіальним зазором, характером обертання і станом тіл кочення. Зовнішнє і внутрішнє кільця контролюють за розмірами та шорсткістю посадочних поверхонь і станом бігових доріжок.

Номінальний діаметр зовнішнього кільця визначають штангенциркулем, а номінальний діаметр внутрішнього кільця – за номером підшипника.

Діаметр внутрішнього кільця (мм) визначають останні дві цифри, що помножені на п'ять.

Нижнє граничне відхилення знаходять за даними табл. 5.2. Верхнє граничне відхилення для основних розмірів підшипника завжди дорівнюють нулю та біля номінального розміру не вказується.

Вид і характер дефектів. Способи їх усунення.

Причини появи дефектів та зменшення довговічності підшипників можна розділити на три групи: експлуатаційні, конструктивні та технологічні (рис. 5.3) [45].

В процесі роботи в підшипниках виникає знос, механічні і корозійні пошкодження тіл кочення, робочих та посадочних поверхонь, збільшуються зазори і нерівномірність обертання [47].

Більшість підшипників (до 75 %) вибраковується через збільшення зазорів вище за граничні значення, а також через знос посадочних поверхонь (до 21 %) [39], [41], [47]. Пошкодження робочих поверхонь доріжок і тіл кочення зустрічаються у 11 % підшипників, а поломки деталей – у 9 % [29], [39], [41], [47].

Основні типи ушкодження підшипників наведено на рис. 5.4 [45].

Допускаються подряпини, ризики на посадкових поверхнях кілець підшипників, вм'ятини на сепараторі, що не перешкоджають плавному обертанню підшипника, матова поверхня бігових доріжок і тіл кочення [45].

На робочих поверхнях підшипників не допускаються темні плями або раковини, забоїни, вм'ятини, глибокі риски або подряпини, викришування або лущення [39].

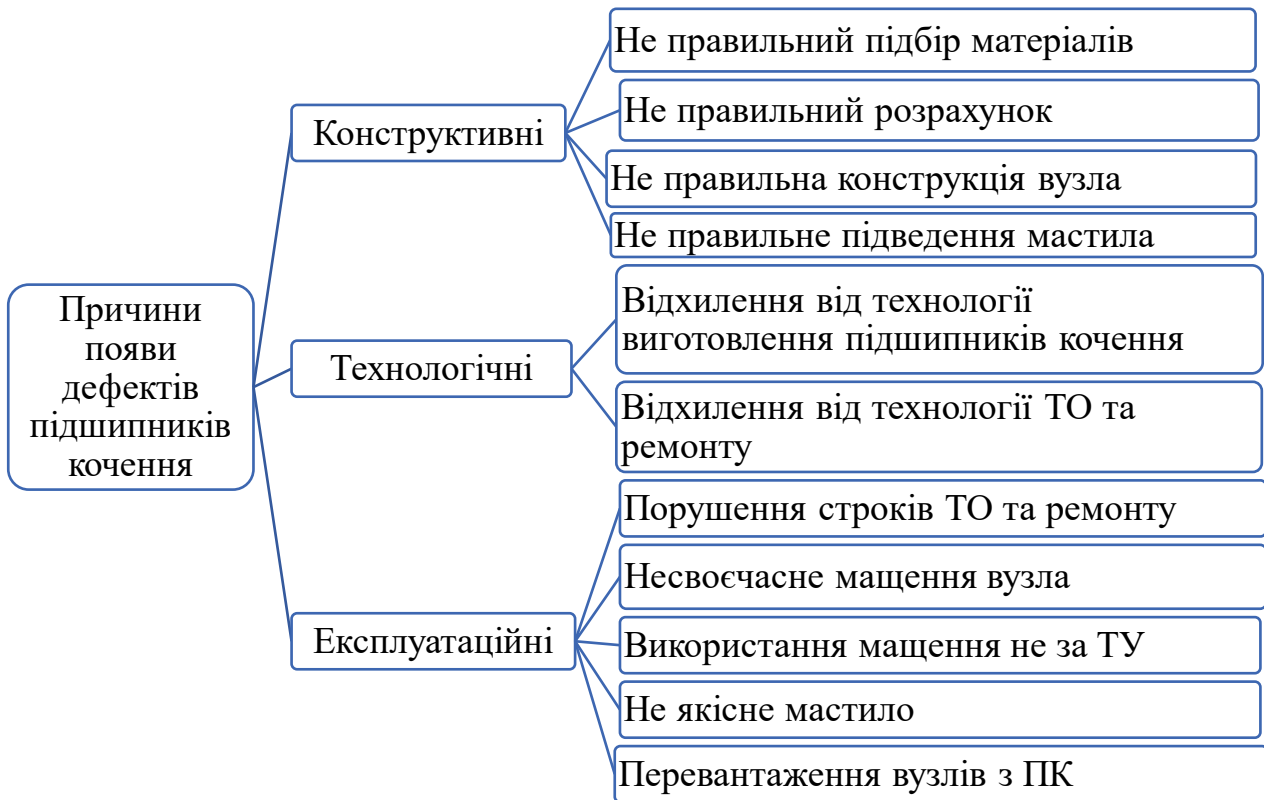


Рисунок 5.3 – Класифікація причин зменшення довговічності підшипників



а



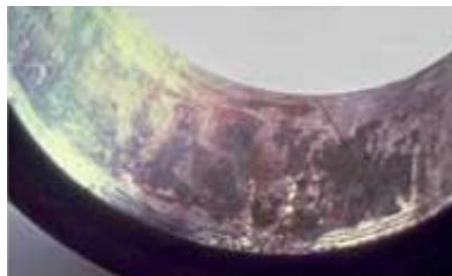
б



в



г



д



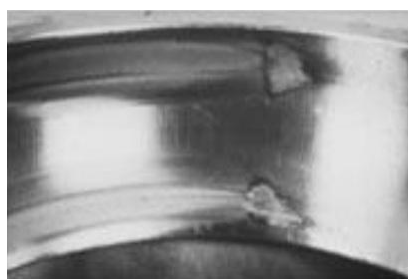
е



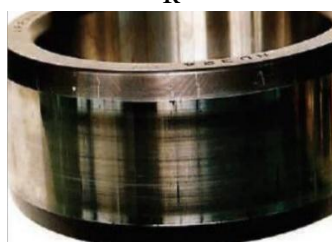
ж



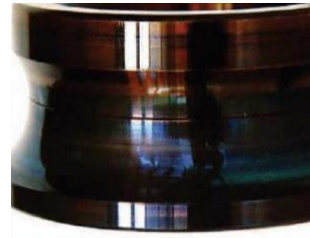
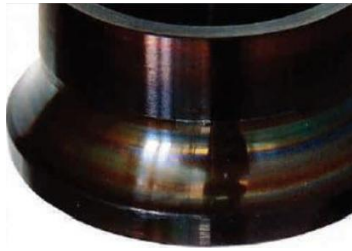
з



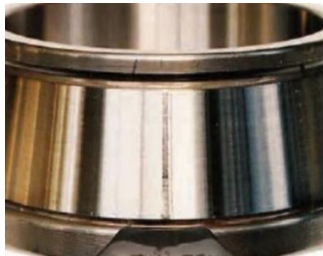
к



л



М



Н



О

а – втома доріжки кочення; б – викришування поверхні; в – абразивне зношування; г – атмосферна корозія; д – фретинг-корозія; е – бринелювання доріжок кочення; ж – неправильне бринелювання; з – пігтинг поверхні доріжок кочення через проходження сильного струму, картери на кульках викликані електрострумом; к – адгезія на тілах і доріжках кочення через недостатнє змащення; л – ушкодження підшипника при складанні через недостатній досвід складання; м – забарвлення й ушкодження металу, викликане поганим змащенням і перегрівом; н – розколювання; о – ушкодження сепаратора

Рисунок 5.4 – Основні дефекти підшипників [45]

При дефектуванні підшипники кочення сортуються на дві категорії: «Без ремонту» та «Брак».

Категорію «Без ремонту» підшипник отримує, якщо його дійсний розмір знаходиться у межах технологічного допуску.

В іншому випадку стан підшипника оцінюється категорією «Брак».

Обладнання, прилади та матеріали, необхідні для виконання роботи

- підшипники кочення;
 - лабораторний стіл;
 - еталонний підшипник кочення;
 - лупа чотирикратного збільшення;
 - пристосування для вимірювання радіального зазору в підшипниках кочення;
 - пристосування для вимірювання осьового зазору в підшипниках кочення;
 - штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05;
 - мікрометри МК 0...25, МК 25...50, МК 50...75, МК 75...100;
 - індикаторний нутромір НІ 18...50;
 - рекомендована література [1]–[11], перелік якої надано в розділі «Список рекомендованої літератури»;
 - необхідна документація (технічні умови на дефектування, креслення деталей, довідкова література, характеристики інструментів);
 - технічні засоби навчання;
 - дистанційна платформа Moodle;
 - Teams;
 - активований акаунт університетської пошти (student.i.p.@nmu.one)
- Офіс 365.

Рекомендації щодо виконання роботи та обробки результатів експерименту

Правила охорони праці

Не класти деталі та інструменти на край стола, що може привести до їх падіння і травмування здобувача вищої освіти, псування інструментів.

Не прикладати надмірних зусиль при вимірювальних роботах, щоб запобігти псуванню інструментів і травмуванню здобувача вищої освіти.

Прикладання великих зусиль до рухомої губки штангенциркуля, під час вимірювання деталей, може привести до перекручування показників розміру.

Прикладання великих зусиль при закріпленні стопорного гвинта штангенциркуля може привести до зриву різьби.

Пересування вимірювального інструменту по металу деталі може привести до спрацювання робочої (вимірювальної) кромки та втрати точності вимірювання.

1 Підготовка вихідних даних для дефектування підшипників кочення

1.1 Ознайомитися з інформаційною базою [1]–[11], яка надана в розділі «Список рекомендованої літератури».

1.2 Вивчити конструктивно-технологічну характеристику підшипника кочення (зовнішнє кільце, внутрішнє кільце, тіла кочення і сепаратор, підшипник в зборі та ін.), технологічні вимоги; умови роботи підшипника кочення та можливі дефекти; способи та засоби дефектування.

1.3 Ознайомитися з робочим місцем, призначенням і налаштуванням обладнання та правилами охорони праці. Отримати деталі та інструменти. Підготувати інструменти до роботи.

1.4 Призначити конструктивні елементи підшипника кочення, що підлягають дефектуванню:

- підшипник в зборі;
- зовнішнє кільце;
- внутрішнє кільце.

Для кожного конструктивного елемента, що підлягає дефектуванню, визначити технологічні параметри (точність розміру, форми та розташування; шорсткість поверхні; розміри, які допустимі без ремонту). Для підшипника в зборі вимірюються радіальний зазор, осьовий зазор; для зовнішнього кільця підшипника – зовнішній діаметр, ширина і шорсткість; для внутрішнього кільця – внутрішній діаметр, ширина і шорсткість.

Призначити способи та засоби дефектування.

1.5 Ознайомитись зі зразком звіту про виконання практичної роботи 5 (додаток Е). В бланк звіту записати найменування заданих для дефектування конструктивних елементів, значення технологічних параметрів, способи дефектування (п. 1).

2 Визначення технічного стану конструктивних елементів підшипників кочення, що дефектуються

2.1 Визначити технічний стан конструктивних елементів підшипників кочення за зовнішнім оглядом.

Встановити наявність вибраковочних ознак підшипників в зборі, а при їх відсутності – характер та місця дефектів на посадочних поверхнях та бігових доріжках зовнішнього та внутрішнього кілець підшипників [47].

Цим методом контролю можна виявити наявність обломів, тріщин, слідів корозії, глибоких подряпин і рисок; кольорів мінливості на зовнішньому і внутрішньому кільцях, кульках і сепараторах; вибоїн, відбитків, раковин і дрібного висипу на кульках і бігових доріжках кілець підшипників; вм'ятин і ослаблення заклепок на сепараторах [47].

Результати зовнішнього огляду підшипників кочення записати до звіту (п. 2.1).

2.2 Перевірити підшипник в зборі на шум і легкість обертання зовнішнього кільця відносно внутрішнього. Підшипник повинен мати рівний, без заїдання хід, з незначним шумом. Величина допустимого шуму і ступінь легкості обертання визначається шляхом порівняння з еталонним підшипником [47]. Об'єктивні відчуття характеру обертання записати до звіту (п. 2.2).

2.3 Виміряти радіальний та осьовий зазори підшипника [47]. Для вимірювання радіального зазору підшипник встановити на пристосуванні. Внутрішнє кільце закріпити між конусними шайбами. В зовнішнє кільце притиснути стрижень індикатора. Натискаючи на зовнішнє кільце, визначити за індикатором годинникового типу радіальний зазор в трьох положеннях зовнішнього кільця через 120° . Найбільше з отриманих значень радіального зазору записати в бланк звіту (п. 2.3).

Виміряти осьовий зазор підшипників на пристосуванні. Зовнішнє кільце закріпити прижимами. Натискаючи на внутрішнє кільце, визначити за індикатором годинникового типу осьовий люфт в трьох положеннях внутрішнього кільця, через 120° . Найбільше значення записати в бланк звіту (п. 2.3).

2.4 Виміряти діаметр зовнішнього та внутрішнього кілець підшипників [47]. Виміряти діаметр зовнішнього кільця підшипників за допомогою мікрометра у двох взаємно перпендикулярних площинах в одному поясі (посередині). Перед вимірюванням потрібно перевірити встановлення мікрометрів на нуль. Розрахувати середнє значення діаметрів D_m . Результати вимірів та розрахунків записати в бланк звіту (п. 2.3).

Настроїти індикаторний нутромір за розміром, який встановлено на мікрометрі. Мала стрілка індикаторного нутроміра повинна відійти від нуля на $1 \dots 2$ ділення, а велику стрілку – встановити на нуль. Виміряти діаметр внутрішнього кільця підшипників за допомогою індикаторного нутроміра у двох взаємно перпендикулярних площинах в одному поясі (посередині). Розрахувати середнє значення діаметрів d_m . Результати вимірів та розрахунків записати в бланк звіту (п. 2.3).

2.5 Виміряти ширину зовнішнього та внутрішнього кілець підшипників за допомогою штангенциркуля у двох взаємно перпендикулярних площинах [47]. Результати вимірів записати в бланк звіту (п. 2.3).

3 Сортування підшипників кочення за результатами контролю

На підставі виконаних вимірювань та розрахунків визначити технічний стан підшипника кочення.

Порівняти дійсний стан параметрів конструктивних елементів підшипника кочення з технічними вимогами та записати категорію стану деталі «Без ремонту», «Брак» до звіту (п. 3).

4 Оформлення звіту за результатами практичної роботи

Підсумковим етапом виконання практичної роботи є складання й оформлення звіту (додаток Е).

На підставі вимірювань, розрахунків та технічних вимог визначити технічний стан підшипників кочення та зробити висновки про придатність або непридатність. Записати до звіту (п. 4).

Вимоги до оформлення та захисту результатів роботи

Звіт про виконання дефектування підшипників кочення рекомендовано виконувати в наступній послідовності (додаток Е):

- дати характеристику підшипника кочення та технічні вимоги;
- запропонувати способи дефектування;
- описати дефекти, що виявлені зовнішнім оглядом;
- вказати результати визначення технічного стану підшипників кочення: шум і легкість обертання зовнішнього кільця відносно внутрішнього; радіальний та осьовий зазори підшипників кочення; діаметри зовнішнього та внутрішнього кілець підшипників; ширину зовнішнього та внутрішнього кілець підшипників;
- зробити сортування підшипників кочення за результатами контролю;
- зробити висновки за результатами дефектування підшипників кочення.

Виконану практичну роботу та оформлений звіт треба захистити та отримати оцінку за результатами поточного контролю.

Питання для підготовки до захисту результатів практичної роботи

- 1 Які є типи підшипників кочення та їх конструкційні елементи?
- 2 Як розшифровується умовне позначення підшипника кочення?
- 3 Які основні дефекти підшипників кочення та причини їх виникнення?
- 4 Про що свідчить наявність кольорів мінливості на конструктивних елементах підшипника?
- 5 Чому підшипник, який має кольори мінливості, не допускається до експлуатації?
- 6 Що робити з підшипником, що має на конструктивних елементах кольори мінливості?
- 7 На яких конструктивних елементах підшипника та з якої причини можуть утворюватися висип та раковини?
- 8 З якої причини може статися облом чи утворення тріщини зовнішнього чи внутрішнього кілець підшипника?
- 9 Які конструкційні елементи підшипників кочення підлягають дефектуванню та які параметри їх характеризують?
- 10 Які параметри підшипника кочення вимірюють кожним із застосовних вимірювальних інструментів?
- 11 Які параметри визначають стан посадочних поверхонь підшипників?

12 Як визначити величину допустимого шуму та ступінь легкості обертання підшипника?

13 Як за обертанням зовнішнього кільця щодо внутрішнього визначити стан підшипника кочення в зборі?

14 Яким чином треба встановлювати малу стрілку індикатора годинникового типу щодо вимірювання люфтів підшипника?

15 Як визначити радіальний зазор в підшипниках кочення і як він впливає на роботу механізму?

16 Чому зазор підшипника треба визначати в декілька точках?

17 Осьовий та радіальний зазори вимірюють у трьох різних положеннях кілець. Яку із трьох величин необхідно вважати визначальною?

18 Як визначити середні діаметри зовнішнього та внутрішнього кілець підшипника?

19 Діаметри внутрішнього та зовнішнього кілець вимірюються у двох напрямках. Який показник вважати визначальним?

20 Як визначити шорсткість поверхонь кілець?

21 Яке належить прийняти рішення за результатами дефектування підшипника кочення, якщо тільки один з перевірених параметрів не відповідає технічним вимогам?

Критерії оцінювання практичної роботи

Звіт з практичної роботи наводиться у системі Microsoft Office 365. Виконаний звіт відсилається на дистанційну платформу Moodle.

Практична робота оцінюється якістю звіту про виконання практичної роботи експертним методом з використанням критеріїв, зазначених в робочій програмі та силабусі навчальної дисципліни.

Практична робота оцінюється у 100 балів.

Список рекомендованої літератури: [1]–[11].

Додатки

Рекомендовані додатки А і Е.

Практична робота 6

Дефектування пружин

Мета та очікувані результати навчання

Метою практичної роботи є надбання практичних навичок виявлення дефектів та визначення технічного стану пружин, а також використання засобів контролю дефектів та технічних умов на дефектування.

В результаті виконання практичної роботи здобувачі зможуть набути таких умінь і навичок:

- володіння методикою визначення технічного стану пружин;
- уміння самостійно аналізувати технічний стан пружин.

Завдання і тривалість роботи

- 1 Підготовка вихідних даних для дефектування пружин.
- 2 Визначення технічного стану конструктивних елементів пружин.
- 3 Сортування пружин за результатами контролю.
- 4 Оформлення звіту за результатами практичної роботи.

Відповідно до робочої програми навчальної дисципліни, на виконання практичної роботи відведено 4 академічні години, з яких: аудиторні заняття – 2 години, самостійна робота – 2 години.

Теоретичні положення

Конструктивно-технологічна характеристика деталей. Загальний вигляд гвинтових циліндричних пружин розтягу та стиску показано на рис. 6.1. Конструктивними елементами пружин є опорні й робочі витки [39].

Основні параметри пружин позначаються таким чином: d – діаметр витків (дроту) пружини, D – середній діаметр пружини, $D_3 = D + d$ – зовнішній діаметр пружини, $C = D/d$ – індекс пружини, h – крок витків у ненавантаженій пружині ($h = d$ – для пружини розтягу), α – кут підйому витків, причому $\tan \alpha = h/\pi D$, H_0 – довжина (висота) ненавантаженої пружини; H_p – довжина робочої частини ненавантаженої пружини, $i = H_p/h$ – кількість робочих витків, L – довжина дроту для виготовлення пружини (рис. 6.2).

Основні види автомобільних пружин показано на рис. 6.3 [39].

Відхилення від номінальних розмірів, які вказані в кресленнях, не повинні перевищувати за зовнішнім діаметром 0,2...0,4 мм, а за кількістю витків – 0,2 витка; кінцеві витки пружини повинні бути закручені в замкненому кільці і зашліфовані перпендикулярно до твірної поверхні пружини на довжині не менш як 0,75 від довжини кола; зазор між кінцевими і робочими витками не повинен перевищувати 3 % від номінального кроку між робочими витками; відхилення від перпендикулярності опорних поверхонь пружини у вільному стані до її твірної не повинні перевищувати $1^\circ 30'$; опорні поверхні повинні бути плоскими

по довжині не менше $\frac{3}{4}$ від довжини кола кінцевого витка; кінці опорних витків пружини повинні мати товщину не менше 15 % від діаметра дроту; витки пружини повинні бути концентричними між собою (відхилення від концентричності не повинні перевищувати 2 % від середнього діаметра пружини) [36], [39].

При обтисканні під навантаженням пружина не повинна мати залишкових деформацій, відхилення навантажень від номінальних не повинні перевищувати $\pm 6\%$ [39].

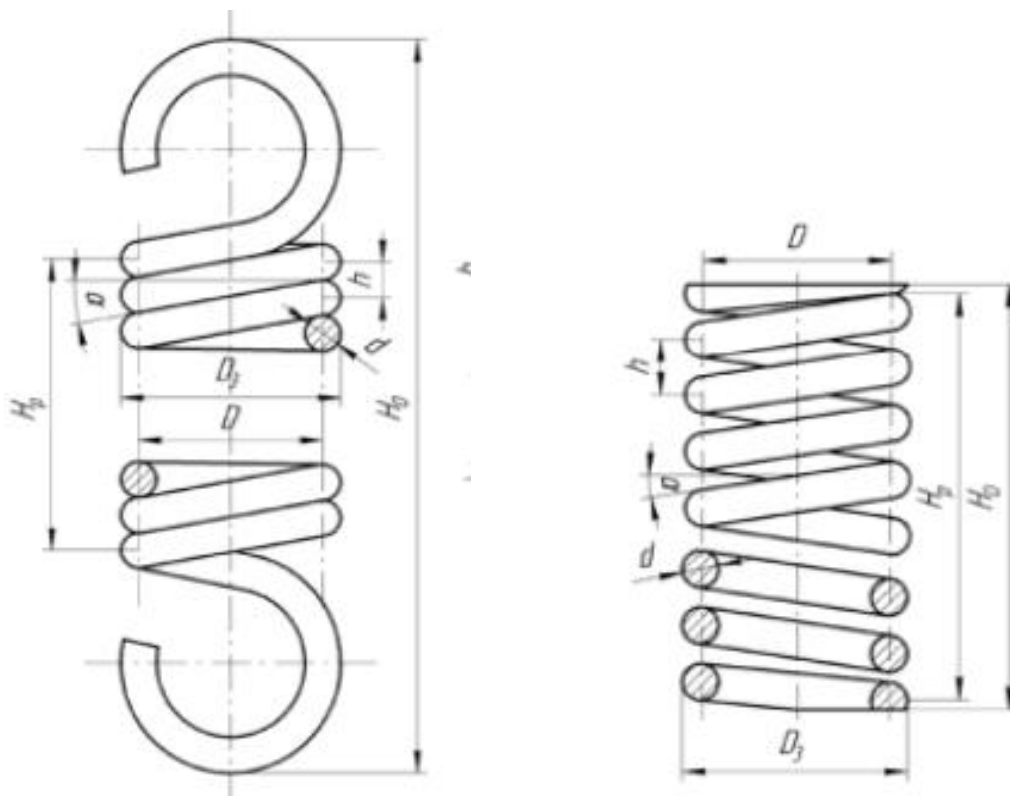


а

б

а – пружина розтягу; б – пружина стиску

Рисунок 6.1 – Загальний вигляд гвинтової циліндричної пружини

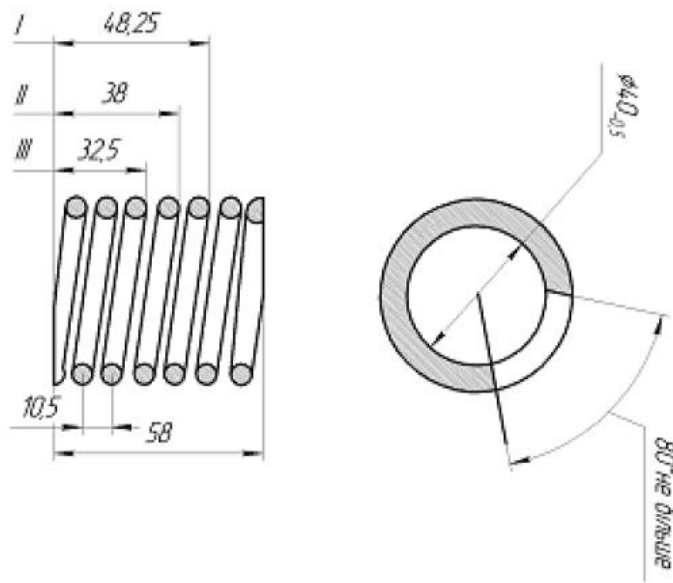


а

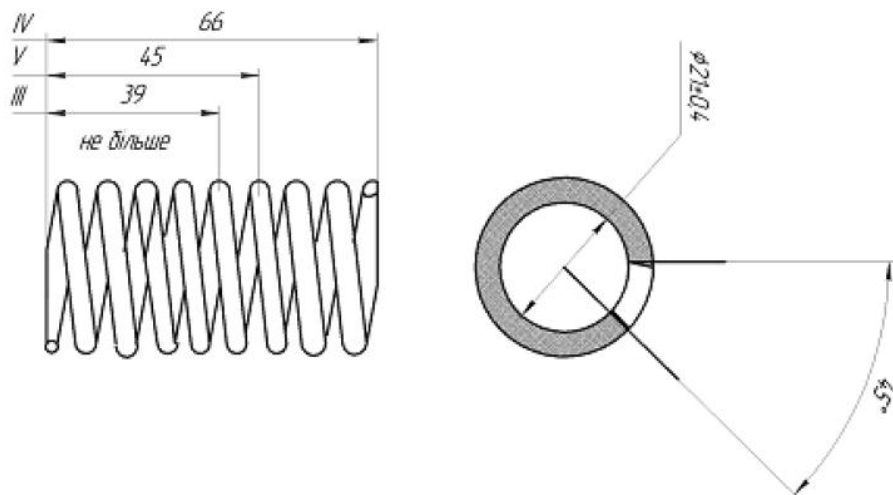
б

а – пружина розтягу; б – пружина стиску

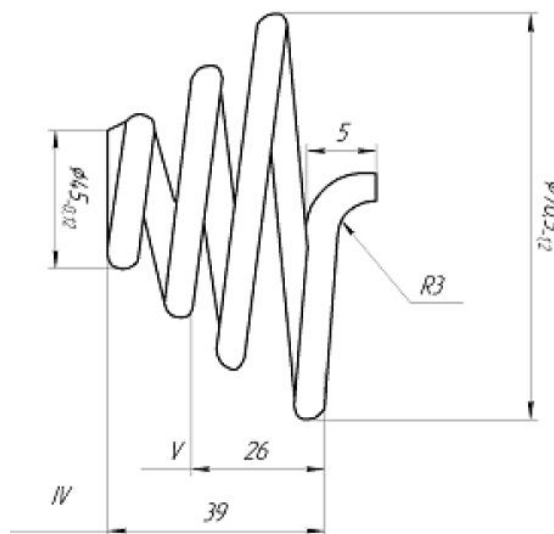
Рисунок 6.2 – Основні параметри циліндричних гвинтових пружин з витками круглого перерізу



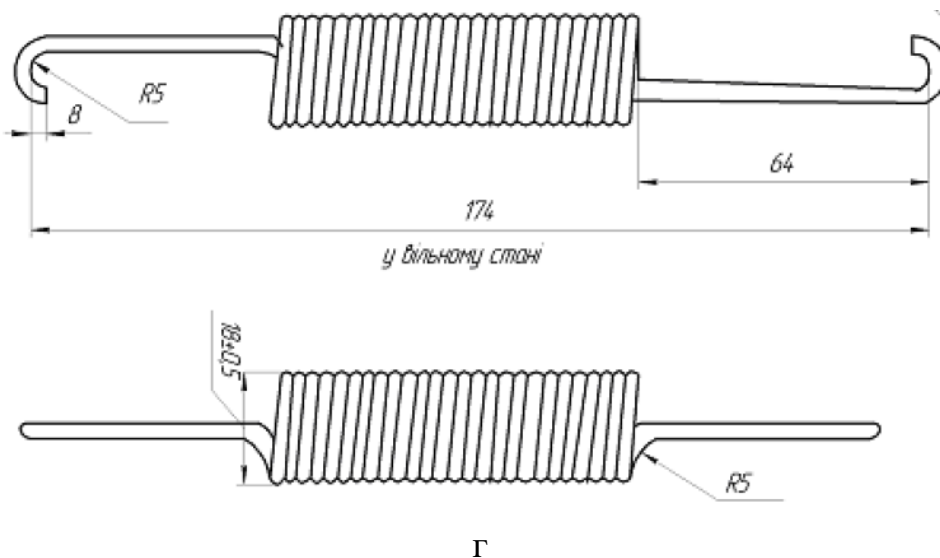
a



б



в



- а – пружина клапана двигуна; б – пружина зчеплення; в – пружина важеля перемикачів передач; г – пружина стяжна колодок гальма;
 I – під навантаженням 268...308 Н; II – під навантаженням 600...680 Н;
 III – при стисненні до зіткнення витків; IV – у вільному стані;
 V – під навантаженням 780...870 Н; VI – під навантаженням 240...2800 Н
- Рисунок 6.3 – Основні види автомобільних пружин [39]

Матеріал пружин повинен мати високі пружні властивості, достатню міцність та стійкість проти втомного руйнування.

Пружини виготовляють з конструкційних сталей з підвищеним вмістом вуглецю – приблизно в межах 0,5...0,7 %, часто з добавками марганцю і кремнію. Наприклад, пружини виготовляють з ресорно-пружинних вуглецевих та легованих сталей: 65, 70, 75, 65Г, 50С2, 55С2, 60С2, 70С3А, 55СГ, 60СГ, 50ХФА, 50ХГФА, 60С2ХА та ін. [20], [21], [24], [43]. Головна вимога полягає в тому, щоб сталь мала високу межу пружності. Це досягається загартуванням з наступним відпуском при температурах в межах 300...400 °С.

Часто пружини виготовляють з вуглецевих інструментальних сталей У7, У8А, У10А, У12А [25], [43]. Високу твердість і пружність створює наклеп від холодної протяжки. Після виготовлення, пружину відпускають при 250...350 °С для зняття внутрішніх напружень, що підвищує межу пружності.

Вид і характер дефектів. Способи їх усунення. Робота пружин характеризується тим, що в них використовують тільки пружні властивості сталі. Велика сумарна величина пружної деформації пружини визначається її конфігурацією – числом та діаметром витків, довжиною пружини.

Під час експлуатації пружин витки піддаються деформації крутіння. В результаті експлуатації пружини втрачають пружність, витки деформуються, порушується концентричність витків, з'являються тріщини, обломи, поверхня опорних витків зношується, змінюються довжина та крок пружини [39].

Втрата пружності пружин в умовах динамічних навантажень і теплового впливу призводить до зменшення висоти пружини при робочому навантаженні,

що порушує нормальну роботу агрегатів і може викликати повну втрату працездатності автомобілів [18].

Зниження пружності пружин клапанів може бути причиною порушення герметичності клапанів у гніздах, що значно знижує потужність двигуна [18]. Зниження пружності пружини клапана більш ніж на 25 % від номінального не допускається [18].

Великий вплив на якість та працездатність пружин має стан поверхні. За наявності тріщин та інших дефектів пружини виявляються нестійкими в роботі та руйнуються внаслідок розвитку втомних явищ у місцях концентрації напруги навколо цих дефектів.

Пружини, що мають тріщини або злам, вибраковують [36].

При наявності дефектів, що перевищують значення, які допустимі без ремонту, пружини бракуються.

Пружини, пружність яких менше допустимої, можуть бути відновлені дробоструйною, термічною та термомеханічною обробкою [13], [36], [41].

Відновлення пружності при дробоструйній обробці відбувається за рахунок наклепу поверхневих шарів пружин [13].

При термічній обробці через пружину пропускають електричний струм, нагрівають метал до 850 °С, розтягують пружину таким чином, щоб довжина перевищувала довжину нової пружини на 3,5 мм, та загартовують у маслі [13], [36], [41].

При термомеханічній обробці через пружину пропускають електричний струм і відновлюють накаткою роликком та загартовують у маслі [13], [36], [41].

Обладнання, прилади та матеріали, необхідні для виконання роботи

- комплект пружин;
- стіл лабораторний;
- лупа чотирикратного збільшення;
- контрольно-перевірочна плита;
- прилад для перевірки пружин на стиснення та розтягування;
- лінійка металева;
- штангенциркуль ШЦ-II-200-0,05;
- косинець;
- набір щупів;
- рекомендована література [1]–[11], перелік якої надано в розділі «Список рекомендованої літератури»;
- необхідна документація (технічні умови на дефектування, креслення деталей, довідкова література, характеристики інструментів);
- технічні засоби навчання;
- дистанційна платформа Moodle;
- Teams;
- активований акаунт університетської пошти (student.i.p.@nmu.one)

Офіс 365.

Рекомендації щодо виконання роботи та обробки результатів експерименту

Правила охорони праці

На приладі здобувачі вищої освіти працюють по одному, по черзі; пружини потрібно встановлювати на приладі правильно і надійно, щоб не вискочили; перевірка пружин обов'язково передбачає їх стиснення або розтягування, що створює небезпеку; не треба залишати пружини стиснутими або розтягнутими без догляду; не прикладати надмірних зусиль, щоб запобігти псуванню пружин та інструменту.

1 Підготовка вихідних даних для дефектування пружин

1.1 Ознайомитися з інформаційною базою [1]–[11], яка надана в розділі «Список рекомендованої літератури».

1.2 Вивчити конструктивно-технологічну характеристику пружин (опорні та робочі витки), технологічні вимоги; умови роботи пружин та можливі дефекти; способи та засоби дефектування; технології ремонту.

1.3 Ознайомитися з робочим місцем, призначенням і налаштуванням обладнання та правилами охорони праці. Отримати деталі та інструменти. Підготувати інструменти до роботи.

1.4 Призначити конструктивні елементи деталей, що підлягають дефектуванню:

- робочі витки;
- опорні витки;
- пружина в цілому.

Для кожного конструктивного елемента, що підлягає дефектуванню, визначити технологічні параметри (точність розміру, форми та розташування; шорсткість поверхні; розміри, які допустимі без ремонту).

Призначити способи та засоби дефектування.

1.5 Ознайомитись зі зразком звіту про виконання практичної роботи 6 (додаток Ж). В бланк звіту записати найменування заданих для дефектування конструктивних елементів, значення технологічних параметрів, способи дефектування (п. 1).

2 Визначення технічного стану конструктивних елементів пружин

2.1 Встановити зовнішнім оглядом наявність вибракованих дефектів пружин: обломів, тріщин, вигинів кінцевих витків, загального вигину, явного збільшення довжини. З такими дефектами пружини бракуються і на приладі далі не перевіряються.

При відсутності вибракованих дефектів – треба встановити місця розташування та характер зносу, корозії, пошкоджень.

Результати зовнішнього огляду пружин потрібно записати до звіту (п. 2.1).

2.2 Виміряти параметри пружин:

робочих витків: зовнішній діаметр (D_3), діаметр витків дроту (d), шорсткість та цілісність, крок пружини (h);

опорних витків: внутрішній діаметр (по опорним виткам) (D_B), товщину кінця витка d_k , шорсткість і цілісність, площинність;

пружин в цілому: довжину пружини у вільному стані (H_0), довжину пружини під навантаженням (H_p), число витків (n), неконцентричність витків $\Delta_{нек}$ до пружини, що утворюється, неперпендикулярність опорних витків $\Delta_{неп}$ до пружини, що утворюється, зазор між опорними і робочими витками S (рис. 6.4-6.6).



Рисунок 6.4 – Вимірювання довжини пружини у вільному стані (H_0)



Рисунок 6.5 – Вимірювання зовнішнього діаметра пружини (D_3)

Перевірити товщину кінця опорного витка d_k , яка за технічними вимогами повинна бути $d_k \geq 0,15d$.

За допомогою контрольно-перевірочної плити визначити площинність опорних витків (качання витка на контрольно-перевірочній плиті не припустимо).

Перевірити концентричність витків до пружини, що утворюється, за допомогою контрольно-перевірочної плити, косинця, набору щупів. Неконцентричність витків $\Delta_{нек}$ за технічними вимогами має бути $\Delta_{нек} \leq 0,02D$.



Рисунок 6.6 – Вимірювання діаметра витків дроту (d)

Перевірити перпендикулярність опорного витка до пружини, що утворюється, за допомогою контрольно-перевірочної плити, косинця, набору щупів. Неперпендикулярність опорного витка $\Delta_{\text{неп}}$ за технічними вимогами повинна бути $\Delta_{\text{неп}} \leq 0,01H_0$.

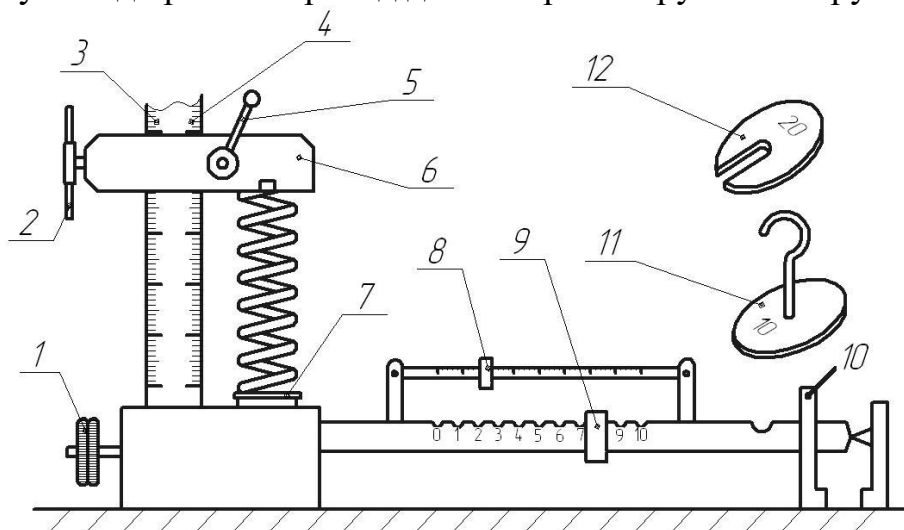
Перевірити зазор між опорними і робочими витками S за допомогою набору щупів. Зазор між опорними і робочими витками за технічними вимогами повинен бути $S \leq 0,03h$.

Отримані результати вимірювань зіставити з вимогами креслення і визначити тип, призначення і належність пружин до відповідного агрегату.

Результати вимірювань записати до звіту (п. 2.2, табл. 3).

2.3 Виконати комплексну перевірку пружин. По черзі виконати повний об'єм робіт з кожною пружиною.

Підготувати до роботи прилад для контролю пружності пружин (рис. 6.7).



- 1 – контрваги; 2 – гвинт; 3, 4 – шкали; 5 – рукоятка; 6 – рамка; 7 – площадка;
8, 9 – тягарці; 10 – замок; 11, 12 – вантажі

Рисунок 6.7 – Схема комплексної перевірки пружин

Перевірити і, при необхідності, відрегулювати настройку приладу для контролю пружності пружин наступним чином:

- відкрити замок 10;
- тягарці 8 та 9 посунути ліворуч, щоб вони своїми лівими краями торкалися нульових позначок, а тягарець 9 обов'язково був зафіксований на виїмці рамки;
- контрвагами 1 остаточно відрегулювати прилад.

2.3.1 Перевірити висоту пружин в вільному стані:

- закрити замок 10;
- підняти рамку 6 обертанням рукоятки 5;
- поставити пружину на площадку 7 під прорізом на рамці 6;
- опустити без натискання рамку 6 на пружину і по шкалі 3 визначити її висоту;
- пружину не знімати.

Результат вимірювання записати до звіту (п. 2.2, табл. 4).

2.3.2 Перевірити пружність при стисканні пружин до певної висоти:

- відкрити замок 10;
- опустити рамку 6 до певної висоти за шкалою 3, таким чином стиснувши пружину, зафіксувати рамку гвинтом 2;
- завісити на важіль приладу вантаж 11, а на нього, при потребі, ще й вантажі 12;
- переміщенням тягарців 8 і 9 визначити пружність пружин;
- обережно підняти рамку 6 і цим розслабити пружину, зняти вантажі 12 і 11, закрити замок, пружину не знімати.

Результат вимірювання записати до звіту (п. 2.2, табл. 4).

2.3.3 Перевірити пружину по висоті при стисканні до зіткнення її витків:

- обертанням рукоятки 5 міцно, до упору, стиснути пружину рамкою 6 і зафіксувати її гвинтом 2;
- за шкалою 3 визначити висоту пружини;
- обережно звільнити і підняти рамку, зняти пружину, опустити рамку, пересунути ліворуч тягарці 8 і 9, замок закрити.

Результат вимірювання записати до звіту (п. 2.2, табл. 4).

2.3.4 Перевірити пружину, яка працює на розтяг:

- поставити додаткову рамку на площадку 7;
- зачепити пружину за гачок на цій рамці і потім за гачок рамки 6;
- повільно, без натискання, опустити рамку і по шкалі 4 визначити довжину пружини у вільному стані;
- завісити на важіль приладу вантажі 11 і 12, відкрити замок;
- розтягнути пружину до певної довжини за шкалою 4 і зафіксувати рамку гвинтом 2;
- підбиранням потрібної кількості вантажів 12, а також переміщенням тягарців 8 і 9 визначити пружність пружини;

- обережно розслабити пружину і зняти її, зняти додаткову рамку, зняти вантажі 11 і 12, пересунути ліворуч тягарці 8 і 9, закрити замок.
Результати вимірювання записати до звіту (п. 2.2, табл. 4).

3 Сортування пружин за результатами контролю

На підставі виконаних вимірювань визначити технічний стан пружин.

Порівняти дійсний стан параметрів конструктивних елементів пружин з технічними вимогами та записати категорію стану деталі «Без ремонту», «Брак» до звіту (п. 3).

4 Оформлення звіту за результатами практичної роботи

Підсумковим етапом виконання практичної роботи є складання й оформлення звіту (додаток Ж).

На підставі вимірювань та технічних вимог визначити технічний стан пружин і зробити висновки відносно придатності або непридатності пружин до роботи на автомобілі. Записати до звіту (п. 4).

Вимоги до оформлення та захисту результатів роботи

Звіт про виконання дефектування пружин рекомендовано виконувати в наступній послідовності (додаток Ж):

- дати характеристику пружин та технічні вимоги;
- запропонувати способи дефектування;
- описати дефекти, що виявлені зовнішнім оглядом;
- вказати результати вимірювань:

робочих витків: зовнішній діаметр (D_z), діаметр витків дроту (d), шорсткість та цілісність, крок пружини (h);

опорних витків: внутрішній діаметр (по опорним виткам) (D_v), товщину кінця витка, шорсткість і цілісність, площинність;

пружин в цілому: довжину пружини у вільному стані (H_0), довжину пружини під навантаженням (H_p), число витків (n), неконцентричність витків до пружини, що утворюється, неперпендикулярність опорних витків до пружини, що утворюється, зазор між опорними і робочими витками;

- вказати результати комплексної перевірки пружин на приладі: довжину пружини у вільному стані; пружність при стисканні пружин до певної висоти; довжину пружини при стисканні до зіткнення витків; пружність пружини, яка працює на розтяг;

- зробити сортування деталей за результатами контролю;
- зробити висновки за результатами дефектування пружин.

Виконану практичну роботу та оформлений звіт треба захистити та отримати оцінку за результатами поточного контролю.

Питання для підготовки до захисту результатів практичної роботи

- 1 З якою метою використовують пружини?
- 2 Які основні види автомобільних пружин?
- 3 Які властивості повинні мати матеріали для виготовлення пружин?
- 4 Із яких матеріалів виготовляють пружини?
- 5 Які конструктивні і технологічні вимоги до елементів пружин?
- 6 Які дефекти з'являються під час експлуатації пружин?
- 7 Які способи і засоби дефектування пружин?
- 8 Як правильно ставити пружину на приладі, щоб вона не зіскочила?
- 9 Що показують шкали 3 та 4 пристрою для перевірки пружин (рис. 6.7)?
- 10 За рахунок чого може зменшуватися висота пружини при її повному стисканні?
- 11 В чому полягає причина зменшення пружності пружини при її стисканні або розтягуванні?
- 12 В чому полягає причина зміни довжини пружини у вільному стані?
- 13 Яке треба прийняти рішення щодо придатності пружини, в якій тільки один параметр не відповідає нормі?
- 14 До чого може призвести встановлення на автомобілі пружин, які мають втрати пружності?
- 15 Як позначається на роботі двигуна встановлення дефектних клапанних пружин?
- 16 Як позначиться на роботі зчеплення та гальм встановлення дефектних пружин?
- 17 За якими параметрами і з якою метою здійснюється підбір пружин для одного агрегату?

Критерії оцінювання практичної роботи

Звіт з практичної роботи наводиться у системі Microsoft Office 365. Виконаний звіт відсилається на дистанційну платформу Moodle.

Практична робота оцінюється якістю звіту про виконання практичної роботи експертним методом з використанням критеріїв, зазначених в робочій програмі та силабусі навчальної дисципліни.

Практична робота оцінюється у 100 балів.

Список рекомендованої літератури: [1]–[11].

Додатки

Рекомендовані додатки А і Ж.

Практична робота 7

Балансування деталей (вузлів)

Мета та очікувані результати навчання

Метою практичної роботи є надбання практичних навичок балансування деталей, а також використання засобів та технічних умов на усунення дисбалансу.

В результаті виконання практичної роботи здобувачі зможуть набути таких умінь і навичок:

- володіння методикою балансування деталей та вузлів автомобілів;
- уміння самостійно виконувати балансування деталей та вузлів автомобілів.

Завдання і тривалість роботи

1 Підготовка вихідних даних для балансування деталей і вузлів автомобілів.

2 Статичне балансування деталей автомобіля.

3 Динамічне балансування деталей автомобіля.

4 Оформлення звіту за результатами практичної роботи.

Відповідно до робочої програми навчальної дисципліни, на виконання практичної роботи відведено 4 академічні години, з яких: аудиторні заняття – 2 години, самостійна робота – 2 години.

Теоретичні положення

Під час обертання багатьох деталей автомобілів (шківів, маховиків, дисків зчеплення, колінчатих валів та ін.) можуть виникати незрівноважені сили, які викликають підвищені вібрації, прискорене зношування та руйнування деталей автомобілів [11], [18].

При виконанні складальних операцій необхідно усунути дисбаланс (неврівноваженість) деталей та вузлів, які швидко обертаються, оскільки дисбаланс негативно впливає на роботу агрегатів та автомобілів в цілому [11], [18], [48].

Дисбаланс деталей – векторна величина, що дорівнює добутку локальної нерівноваженої маси m на відстань до осі деталі r або добутку ваги деталі G на відстань від осі деталі до центру мас e , тобто $\vec{D} = m \cdot r = G \cdot e$.

Причини дисбалансу. Існує велика кількість причин виникнення дисбалансу. Дисбаланс з'являється в процесі виготовлення (або відновлення) деталей, складання вузлів та агрегатів і змінює своє кількісне значення в процесі експлуатації та поточного ремонту.

Дисбаланс деталей і вузлів виникає внаслідок неточності розмірів (особливо розмірів поверхонь, які не оброблені); нерівномірності густини матеріалу; несиметричності розташування маси деталі щодо осі обертання; похибок складання, що виражаються в неточності посадки деталей, які обертаються, на валу, їх перекосі,

зміщенні; нерівномірному зносі, порушенні співвісності деталей, що сполучаються та ін. [11], [18], [48].

Види дисбалансу. Розрізняють статичний, динамічний та змішаний дисбаланс деталей та вузлів [15], [17].

В роботі виконуються статичне та динамічне балансування деталей.

Балансування деталей та вузлів автомобілів дозволяє збільшити їх надійність та довговічність [17].

Статичне балансування. Статичному балансуванню піддають деталі класу дисків.

Статична нерівноваженість деталей виникає у випадку, коли центр тяжіння деталі (вузла) не співпадає з віссю обертання [11], [13], [15], [48].

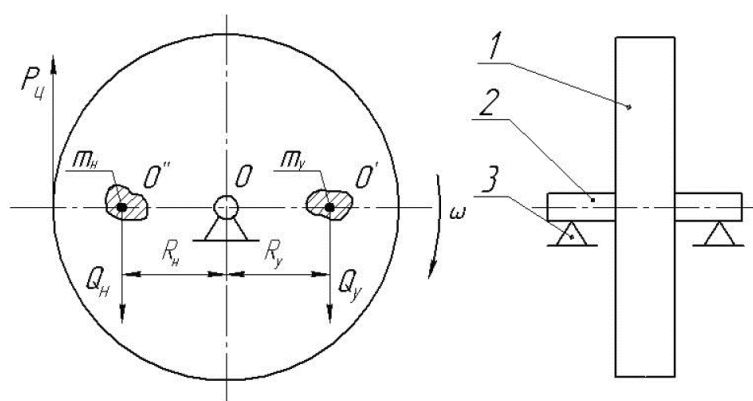
При статичному балансуванні визначають величину та розміщення додаткової маси, щоб центр ваги врівноваженої деталі збігся з віссю її обертання [17].

Наприклад, якщо до ідеально (теоретично) врівноваженого тіла на відстані R_H від центру обертання O прикріпити вантаж масою m_H , то центр його тяжіння зміститься у бік вантажу (рис. 7.1) [11], [13], [14]. Виникає статична нерівноваженість, яка при обертанні тіла викликає дію відцентрової сили:

$$P_c = m_H R_H \omega^2,$$

де ω – колова швидкість тіла.

Для усунення цього виду нерівноваженості застосовують статичне балансування деталей і вузлів. Деталь 1 насаджують на гладку, точно оброблену і врівноважену циліндричну оправку 2 і поміщають на паралельні, строго горизонтальні опори 3 з малим опором (призми або підшипники) (рис. 7.1) [11]. Під дією нерівноваженої маси, деталь самовільно повертається і встановлюється таким чином, що ця маса буде знаходитиметься в крайньому нижньому положенні.



1 – деталь; 2 – оправка; 3 – опори

Рисунок 7.1 – Схема статичного врівноваження деталі

Виявивши місце зосередження нерівноваженої маси (O''), необхідно в діаметрально протилежній точці (O') на відстані R_y прикріпити вантаж масою m_y (рис. 7.1) [11]. При цьому деталь знаходиться в рівновазі:

$$\sum M_0 = 0, \quad Q_H R_H - Q_Y R_Y = 0,$$

звідки знаходиться вага врівноважуючого вантажу:

$$Q_Y = Q_H \frac{R_H}{R_Y}.$$

З останнього рівняння видно, що статична неврівноваженість залежить від діаметра деталі і не залежить від довжини. Тому, статичне балансування виконують для деталей класу дисків, які мають відносно великий діаметр і малу довжину, наприклад: маховиків, дисків, шківів та ін.

Динамічне балансування. Динамічному балансуванню піддаються деталі класу валів, які мають велику довжину і незначний діаметр, наприклад: колінчаті вали, карданні вали та ін. [48].

Динамічна неврівноваженість виникає у випадку, якщо вісь обертання деталі (вузла) не співпадає з головною віссю інерції [13], [14]. При обертанні вала, неврівноважені (за довжиною) маси викликають дію пари сил $Q_Y l_1$, яка прагне повернути вісь вала на деякий кут, тобто зміщує головну вісь інерції щодо осі обертання (рис. 7.2) [11], [18].

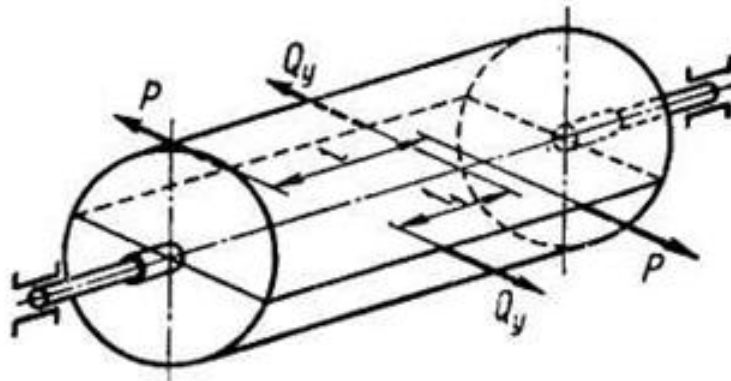


Рисунок 7.2 – Схема прикладання сил при динамічному врівноважуванні деталі

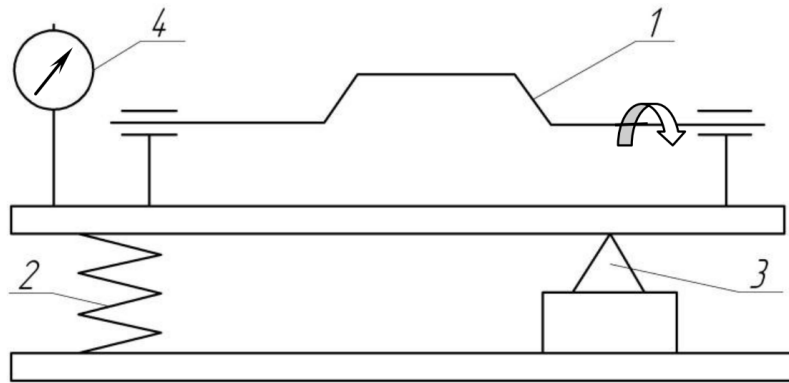
Врівноважується момент цієї пари іншою парою сил, які прикладені в тій же площині:

$$Q_Y l_1 = Pl,$$

де P – зовнішня врівноважуюча сила;

l – відстань (плече) пари врівноважуючих сил.

Динамічне балансування виконується на спеціальних балансувальних стендах (рис. 7.3) [11], [48].



1 – деталь; 2 – пружина; 3 – жорстка призма; 4 – індикатор
Рисунок 7.3 – Схема стенда для динамічного балансування деталей

При обертанні деталі *1* на пружних опорах стенда під дією відцентрових сил від надлишкових мас та їх моментів опора *2* починає коливатися; максимальна амплітуда на одній частині деталі вимірюється індикатором *4*. У місцях, протилежних максимальній амплітуді, закріплюються пробні вантажики та їх підбором усуваються коливання опори. Деталь перевертається і з другою частиною проводиться така ж операція [11], [48].

Після врівноваження вала необхідно знову перевірити дисбаланс. Загальна неврівноваженість не повинна виходити за допустиму межу.

Змішаний дисбаланс деталей та вузлів виникає у випадках, коли одночасно виникає статичний момент від неврівноваженості маси та статичний момент від відцентрових сил [11].

Дисбаланс усувають балансуванням при механічній обробці або складанні. Дисбаланс також усувають видаленням надлишку металу (наприклад, висвердлюванням «зайвої маси» із перевантаженої сторони деталі) або додаванням маси (прикріпленням, приварюванням металевих вантажів або пластинок з полегшеної сторони деталі).

Обладнання, прилади та матеріали, необхідні для виконання роботи

- шків;
- колінчатий вал в зборі з маховиком;
- стіл лабораторний;
- пристосування для балансування шківів;
- пристосування для балансування колінчатого вала в зборі з маховиком;
- набір балансувальних вантажів (магнітів);
- штангенциркуль ШЦ-I-160-0,1;
- лінійка масштабна;
- рекомендована література [1]–[11], перелік якої надано в розділі «Список рекомендованої літератури»;
- необхідна документація (технічні умови на балансування, креслення деталей, довідкова література);
- технічні засоби навчання;

- дистанційна платформа Moodle;
 - Teams;
 - активований акаунт університетської пошти (student.i.p.@nmu.one)
- Офіс 365.

Рекомендації щодо виконання роботи та обробки результатів експерименту

Правила охорони праці

Переконатися в правильній і безпечній установці деталей на пристосуванні; бути уважними під час балансування деталей, бо падіння деталей з пристосування може призвести до травмування.

1 Підготовка вихідних даних для балансування деталей і вузлів автомобілів

1.1 Ознайомитися з інформаційною базою [1]–[11], яка надана в розділі «Список рекомендованої літератури».

1.2 Вивчити особливості конструкції та умови роботи деталей (вузлів); можливі причини виникнення дисбалансу (неврівноваженості) та його види; сутність дисбалансу деталей (вузлів) та вплив невірноважаних мас деталей на надійність і довговічність автомобіля; способи та технології балансування деталей та вузлів при ремонті автомобілів; технічні вимоги до врівноваженості деталей та вузлів (допустимий дисбаланс шківів, колінчатого вала в зборі з маховиком); формули для розрахунків статичного дисбалансу, відцентрової сили інерції та величини збурювального моменту пари сил; способи усунення статичної та динамічної невірноваженостей.

1.3 Ознайомитися з робочим місцем, призначенням і налаштуванням обладнання та правилами охорони праці. Отримати деталі та інструменти. Підготувати інструменти до роботи.

1.4 Призначити деталі (вузли), що підлягають балансуванню:

- шківів;
- колінчатий вал в зборі з маховиком.

Для кожної деталі (вузла), що підлягає балансуванню, призначити способи та засоби балансування.

1.5 Ознайомитись зі зразком звіту про виконання практичної роботи 7 (додаток И). В бланк звіту (п. 1) записати найменування заданих для балансування деталей (вузлів), значення технічних параметрів, способи балансування.

2 Статичне балансування деталей автомобіля

2.1 Насадити шків на оправку і встановити їх на пристосування для балансування шківів.

2.2 Визначити величину дисбалансу і місце розташування центра неврівноваженої маси:

- придати шківу обертання і після його зупинки зробити позначку крейдою в нижній частині шківів; повторити операцію тричі; якщо помітки крейдою будуть знаходитися в одному і тому ж місці, то це свідчить про наявність дисбалансу деталі;

- з діаметрально протилежного боку від поміток крейдою, приєднати на поверхню шківів на відстані R_y , згідно з технічними вимогами, один чи декілька вантажів (магнітів);

- змінюючи кількість та розміщення вантажів (магнітів), але строго по дузі на заданому радіусі, досягти стану, коли при зупинках шківів помітка крейдою кожен раз буде змінювати своє положення – це буде свідчити про досягнуту рівновагу шківів;

- помітити крейдою центр розміщення вантажів (магнітів), тобто неврівноваженої маси шківів, і розрахувати масу вантажів (магнітів).

2.3 Розрахувати величину дисбалансу шківів, D (г·см):

$$D = G \cdot R,$$

де G – маса вантажів, г;

R – радіальна відстань вантажів (магнітів), см.

Результати розрахунку записати до звіту (п. 2).

2.4 Порівняти величину дисбалансу шківів з технічними вимогами. Для усунення дисбалансу шківів треба з більш важкої частини шківів видалити свердленням масу метала, що дорівнює масі вантажів (магнітів). Результати записати до звіту (п. 2).

2.5 Розрахувати глибину свердлення отвору h_p , мм, шляхом перетворення формул:

$$G = V \cdot \rho,$$

$$V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h_p}{4},$$

де V – об'єм метала, мм³;

ρ – густина метала, г/мм³;

d – діаметр отвору свердління, мм.

Розрахункова глибина свердління отвору дорівнює:

$$h_p = \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho}.$$

Результати розрахунку записати до звіту (п. 2).

2.6 Визначити кількість свердлінь i , якщо розрахункова глибина свердління (h_p) перевищує глибину свердління h згідно з технічними вимогами:

$$i = \frac{h_p}{h}.$$

Якщо $i \leq 1$, то достатньо свердління одного отвору глибиною h_p . Якщо $i > 1$, то кількість отворів приймається в більший бік. Наприклад, якщо $i = 1,2$, тоді приймається $i = 2$.

Результати розрахунку записати до звіту (п. 2).

2.7 Визначити фактичну глибину свердління отворів h_ϕ за формулою:

$$h_\phi = \frac{h_p}{i}.$$

Результати розрахунку записати до звіту (п. 2).

Свердління декількох отворів виконується з дотриманням шагу отворів (s) згідно технічних вимог. При необхідності свердління одного отвору, отвір виконується в центрі важкої частини шківів.

3 Динамічне балансування деталей автомобіля

3.1 Балансування колінчатого вала в зборі з маховиком здійснюється за описаною вище методикою: визначити дисбаланс, його величину, розрахункову глибину свердління, кількість свердлінь, фактичну глибину свердління. Результати розрахунку записати до звіту (п. 3).

3.2 Після врівноважування вала необхідно знову перевірити дисбаланс. Загальна неврівноваженість не повинна виходити за допустиму межу.

4 Оформлення звіту за результатами практичної роботи

Підсумковим етапом виконання практичної роботи є складання й оформлення звіту (додаток И).

На підставі виконаних вимірювань, розрахунків та технічних вимог визначити технічний стан деталей та зробити висновки відносно дисбалансу деталей, усунення дисбалансу шківів, колінчатого вала в зборі з маховиком. Записати до звіту (п. 4).

Вимоги до оформлення та захисту результатів роботи

Звіт про виконання балансування деталей рекомендовано виконувати в наступній послідовності (додаток И):

- дати характеристики шківів, колінчатого вала в зборі з маховиком, технічні вимоги;
- запропонувати способи балансування;

- вказати результати статичного балансування шківів;
 - вказати результати динамічного балансування колінчатого вала в зборі з маховиком;
 - зробити висновки за результатами балансування деталей.
- Виконану практичну роботу та оформлений звіт треба захистити і отримати оцінку за результатами поточного контролю.

Питання для підготовки до захисту результатів практичної роботи

- 1 Яка мета балансування деталей?
- 2 Що означають терміни «дисбаланс», «припустимий дисбаланс»?
- 3 Які причини викликають дисбаланс деталей і вузлів автомобіля?
- 4 Які існують види дисбалансу деталей (вузлів)?
- 5 Які одиниці вимірювання дисбалансу деталей?
- 6 Як впливає обертання деталей з невірноваженою масою на роботу агрегату?
- 7 Що таке статична, динамічна та змішана невірноваженість?
- 8 Які деталі та вузли автомобіля підлягають балансуванню?
- 9 Які деталі (вузли) автомобіля піддаються статичному балансуванню і як воно виконується?
- 10 Які деталі (вузли) автомобіля піддаються динамічному балансуванню і як воно виконується?
- 11 Які існують способи усунення дисбалансу?

Критерії оцінювання практичної роботи

Звіт з практичної роботи наводиться у системі Microsoft Office 365. Виконаний звіт відсилається на дистанційну платформу Moodle.

Практична робота оцінюється якістю звіту про виконання практичної роботи експертним методом з використанням критеріїв, зазначених в робочій програмі та силабусі навчальної дисципліни.

Практична робота оцінюється у 100 балів.

Список рекомендованої літератури: [1]–[11].

Додатки

Рекомендовані додатки А і І.

Практична робота 8

Розточування гільзи циліндра

Мета та очікувані результати навчання

Метою практичної роботи є надбання практичних навичок виконання розточування гільзи циліндра на вертикально-розточувальному верстаті.

В результаті виконання практичної роботи здобувачі зможуть набути таких умінь і навичок:

- володіння технологією розточування гільзи циліндра;
- уміння самостійно виконувати розточування гільзи циліндра на вертикально-розточувальному верстаті.

Завдання і тривалість роботи

- 1 Підготовка вихідних даних для розточування гільзи циліндра.
- 2 Розробка операції розточування гільзи циліндра.
- 3 Налагодження вертикально-розточувального верстата.
- 4 Розточування гільзи циліндра.
- 5 Контроль операції розточування гільзи циліндра.
- 6 Оформлення звіту за результатами практичної роботи.

Відповідно до робочої програми навчальної дисципліни, на виконання практичної роботи відведено 6 академічних годин, з яких: аудиторні заняття – 2 години, самостійна робота – 4 години.

Теоретичні положення

Будова вертикально-розточувального верстату. У практиці ремонту найбільшого поширення набув спосіб відновлення гільз обробкою під ремонтний розмір, який включає в себе розточування та хонінгування.

Розточування проводиться на вертикальних алмазно-розточувальних верстатах моделей 278, 278Н, 2А78Н та багатошпиндельних напівавтоматах [30], [36], [41].

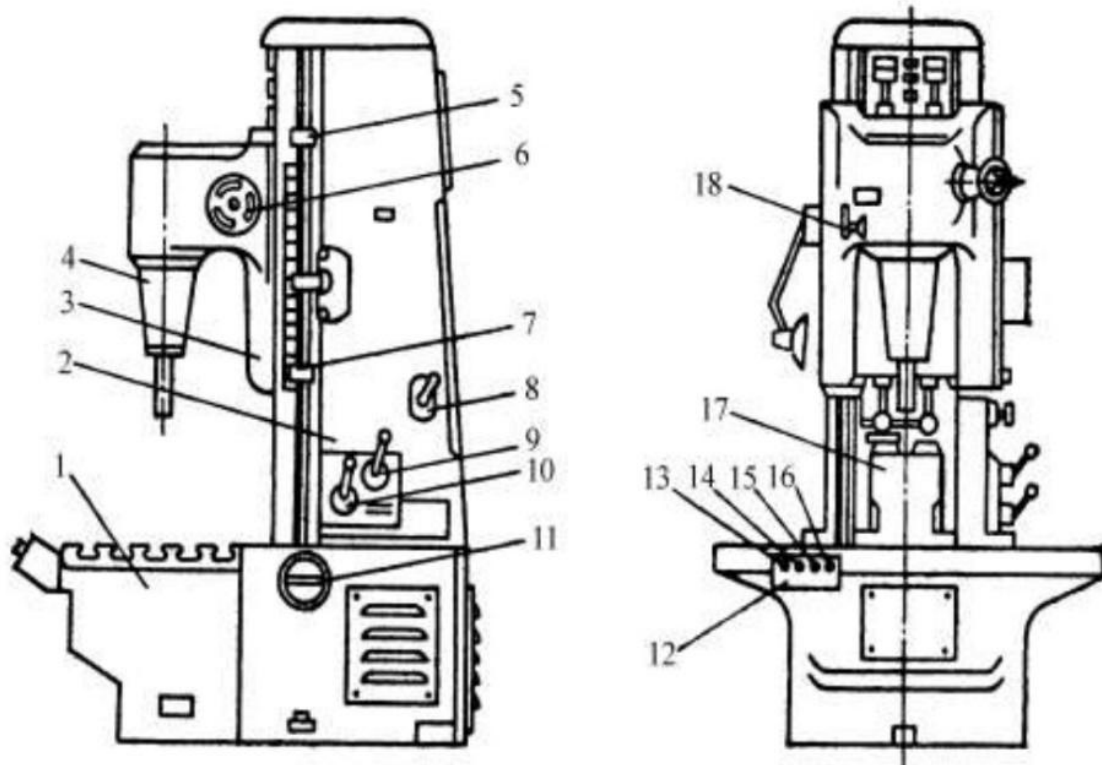
Верстат 2А78Н (рис. 8.1) призначений для тонкого розточування циліндрів (гільз) автотракторних двигунів [36], [41].

Верстат включає наступні вузли: основу 1, колону 2, шпиндельну бабку 3, шпиндель 4, коробку швидкостей та подач 17 (рис. 8.1).

Базовою деталлю, на якій встановлюються всі інші вузли верстата, є основа. Вона виконана як одне ціле зі столом, що має зверху привалочну площину, до якої кріпляться колона, коробка швидкостей та подач. Всередині основи розташовуються електродвигуни. На правій стінці розташований вступний вимикач, на передній – пульт управління верстатом.

По напрямних колони у вертикальному напрямку переміщається шпиндельна бабка. На кронштейнах передньої стінки колони встановлені

ходовий гвинт і шліцевий валик. У шпindelній бабці розташовані механізми приводу шпинделя, приводу шпindelної бабки та ручних переміщень.



1 – основа; 2 – колона; 3 – шпindelна бабка; 4 – шпindel; 5, 7 – кулачки вимкнення ходу шпindelної бабки; 6 – привод; 8 – перемикач швидкості; 9 – рукоятка перемикавання величини подач; 10 – рукоятка перемикавання частоти обертання шпинделя; 11 – вхідний вимикач; 12 – пульт керування; 13, 14 – кнопки прискореного руху шпindelної бабки «Вгору» та «Вниз», відповідно; 15 – кнопка «Пуск»; 16 – кнопка «Стоп»; 17 – коробка швидкостей та подач; 18 – рукоятка вимкнення шпинделя від кінематичного ланцюга його приводу

Рисунок 8.1 – Вузли та органи управління верстатом 2A78H [36], [41]

За допомогою кулачкової муфти можливе відключення шпинделя від кінематичного ланцюга приводу, що полегшує обертання шпинделя від руки при встановленні та центруванні оброблюваних деталей.

Коробка швидкостей та подач забезпечує шпинделю шість частот обертання, що у поєднанні з двошвидкісним (рис. 8.1, перемикач швидкостей 8) електродвигуном головного приводу становить 12 різних швидкостей обертання шпинделя та чотири робочі подачі.

Управління коробкою здійснюється двома рукоятками: 10 – призначена для перемикавання частоти обертання шпинделя, 9 – призначена для перемикавання величини подач.

На верстаті встановлено два трифазні короткозамкнені асинхронні електродвигуни: двошвидкісний електродвигун 1М головного руху типу

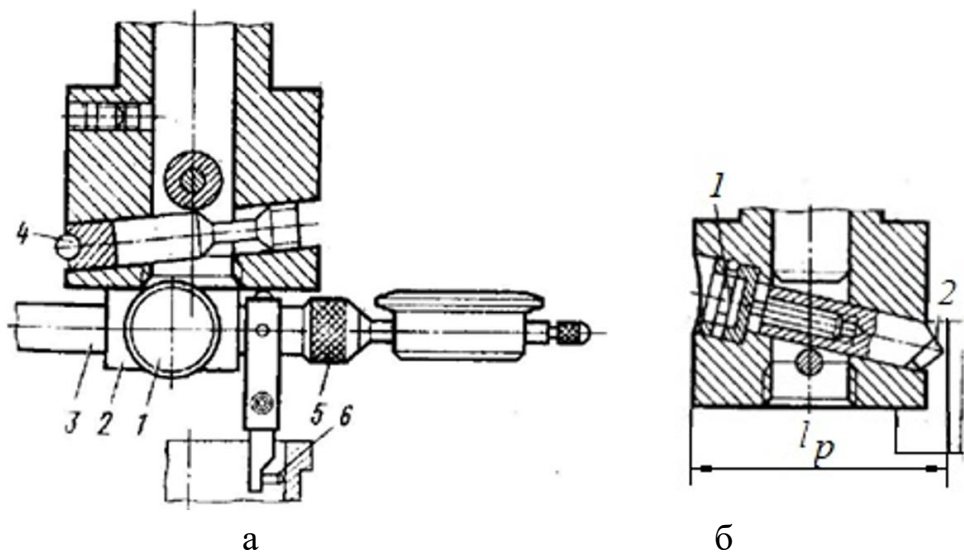
Т 42/6-2-С1 потужністю 1,7/2,3 кВт (1000/3000 хв⁻¹, виконання М-301); електродвигун швидких ходів 2М типу АОЛ 2-12-6-С1 потужністю 0,6 кВт (1000 хв⁻¹, виконання М-101).

Робоча напруга складає 380 В в силовому ланцюгу, 110 В – в ланцюгу управління, 36 В – в ланцюгу місцевого освітлення.

При виході різця із зони різання спрацьовує кінцевий вимикач, знеструмлюється пускач, а електродвигун 1М вимикається. Обертання шпинделя та робоча подача припиняються, вмикається двигун 2Д, здійснюється повернення шпиндельної бабки у вихідне положення на швидкому ході.

Після досягнення верхнього вихідного положення спрацьовує кінцевий вимикач, електродвигун 2Д вимикається.

У різцеву головку шпинделя (рис. 8.2, а) встановлюють: кулькову оправку 4 для грубого центрування в гладкий нахильний отвір з двома фіксуючими різьбовими пробками; індикаторний центрошукач для остаточного контролю співвісності шпинделя та гільзи (в торцевий різьбовий отвір); різець 2 (рис. 8.2, б) в гладкий отвір з мікрометричним гвинтом 1 для установки вильоту різця з фіксуючою різьбовою пробкою. Ціна поділу лімба мікрометричного гвинта складає 0,02 мм.



1 – гвинт; 2 – колодка; 3 – важіль; 4 – кулькова оправка; 5 – гайка;
6 – упор важеля

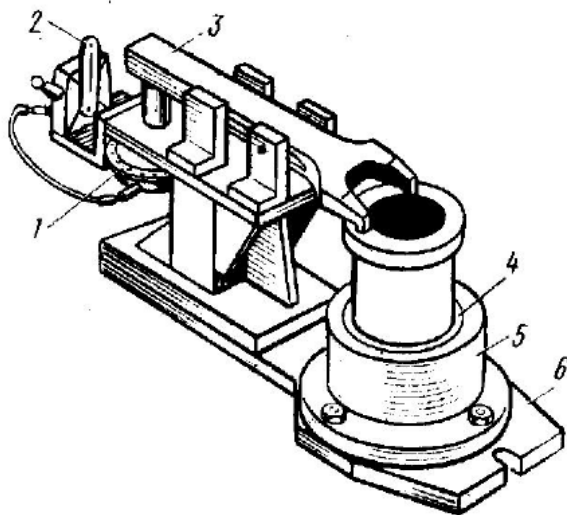
Рисунок 8.2 – Різцева головка шпинделя верстата 2А78Н з пристроями для центрування гільз (а) та встановлення різця (б)

Пристосування для встановлення і кріплення гільзи (рис. 8.3) складається з основи 6, корпусу 5, центруючого кільця 4, притиску 3 з пневматичним приводом 1 та крана управління 2.

Посадковою поверхнею гільза встановлюється в центруюче кільце пристосування. Вилка притиску в цей час відведена убік до упору. Для кріплення гільзи вилка притиску встановлюється над верхнім торцем гільзи. подача повітря в камеру приводу здійснюється поворотом ручки крана вгору.

Для центровки циліндра та встановлення різця вимикають різцеву головку від кінематичного ланцюга приводу за допомогою рукоятки 18 (рис. 8.1). Гільзи встановлюють у пристрій, що кріпиться на столі. Оскільки центрування пристрою проводиться при налагодженні верстата, то здобувачі повинні лише проконтролювати нормативну величину похибки ексцентриситету осі гільзи.

Ексцентриситет осей шпинделя і отвору, що розточується, не повинен перевищувати 0,03 мм. Співвісність досягається за допомогою кулькової оправки 4 (рис. 8.2, а) (попередньо) та пристрою для центрування (остаточно).



1 – пневматичний привод; 2 – кран управління; 3 – притиск;
4 – центруюче кільце; 5 – корпус; 6 – основа

Рисунок 8.3 – Пристосування для установки та кріплення гільз

Центрування пристосування відбувається по посадочному отвору під гільзу, а блока циліндрів – по незношеній поверхні циліндра на глибині 3...4 мм від верхнього торця.

Переміщення деталі, що розточується, в поздовжньому і поперечному напрямках при центруванні проводиться шляхом переміщення пристосування по площині столу вручну.

Оправку в шпиндель встановлюють таким чином (рис. 8.2), щоб кульовий кінець її знаходився від діаметрально протилежної сторони різцевої головки на відстані:

$$l_p = \frac{(d+D_p)}{2},$$

де d – діаметр різцевої головки, мм;

D_p – діаметр гільзи, під який має бути зроблено розточування, мм.

Після перевірки величини l_p мікрометром, оправку закріплюють та опускають шпиндель на вказану глибину. При обертанні різцевої головки

кульковий кінець оправки ковзає по твірній циліндра та встановлює деталь (приспосовування) по осі шпинделя.

Відцентроване приспосовування закріплюють на столі болтами і прихватами. Точність центрування перевіряють за допомогою пристрою (рис. 8.2, а), колодка 2 якого загвинчується в торець різцевої головки шпинделя. Упор важеля 6 підводять до дзеркала циліндра на глибині 3...4 мм, положення важеля 3 фіксується гвинтом 1 та гайкою 5 (рис. 8.2). Шкалу індикатора встановлюють на «0» і поворотом шпинделя на один оберт визначають величину похибки центрування.

При необхідності коригують положення гільзи.

Режим розточування. Режим різання під час розточування (табл. 8.1) повинен забезпечити виконання вимог креслення (по шорсткості поверхні дзеркала циліндра, точності розміру, форми та розташування), найвищу продуктивність та мінімальну собівартість роботи.

Таблиця 8.1 – Режим різання різцями з твердих сплавів (ВКЗМ)

№	Матеріал, який обробляється	Глибина різання t , мм	Подача S , мм/об	Швидкість різання V , мм/хв
1	Алюміній, латунь	0,05...0,45	0,03...0,10	200...600
2	Бронза	0,05...0,45	0,03...0,10	150...500
3	Сталь конструкційна	0,08...0,35	0,04...0,12	150...300
4	Чавун сірий (160...180 НВ)	0,05...0,55	0,04...0,12	100...200
5	Чавун сірий (360...440 НВ)	0,10...0,20	0,125...0,20	30...40

Обладнання та оснащення приймаються за даними каталогів та довідників. Норми часу на операцію розраховуються і приймаються за існуючими нормативами.

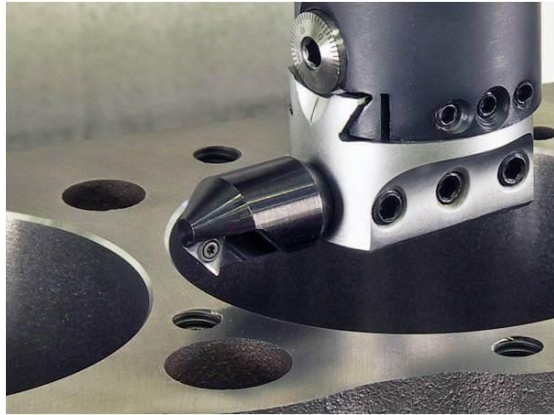
Розробка операції розточування гільзи циліндра. Технологічна операція – закінчена частина технологічного процесу, що виконується на одному робочому місці.

Для кожної операції призначаються зміст та послідовність виконання допоміжних та технологічних переходів.

Допоміжний перехід – закінчена частина технологічної операції, що складається з дій людини та/або обладнання, які не супроводжуються зміною властивостей предмета праці, але необхідні для виконання технологічного переходу. Прикладом допоміжних переходів є закріплення заготовки, зміна інструменту та ін.

Технологічний перехід – закінчена частина технологічної операції, що виконується одними і тими ж засобами технологічного оснащення при постійних технологічних режимах та установці.

Операція розточування гільзи циліндра складається з допоміжного переходу, пов'язаного з установкою, центруванням, закріпленням, відкріпленням і зняттям деталі (рис. 8.4, а), і технологічного переходу – власне розточування (рис. 8.4, б).



а



б

а – допоміжний перехід; б – технологічний перехід

Рисунок 8.4 – Операції розточування гільзи циліндра двигуна

Оскільки час на допоміжні переходи (встановити, зняти деталь) у нормативах об'єднано, то й у технологічній документації ці роботи записуються в один перехід. Наприклад:

А. Встановити блок циліндрів, відцентрувати та закріпити (відкріпити, зняти).

Обладнання, прилади та матеріали, необхідні для виконання роботи

- гільзи циліндра двигуна;
- вертикально-розточувальний верстат 2А78Н;
- пристосування для встановлення та кріплення гільзи;
- оправка центруюча;
- штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,05;
- мікрометр МК-100;
- індикаторний нутромір НІ-100;
- лінійка 300;
- різець розточний з пластинкою ВКЗМ;
- молоток;
- викрутка;
- ключ гайковий 19 мм;
- ключ шестигранний;
- еталон шорсткості по чавуну;
- рекомендована література [1]–[11], перелік якої надано в розділі «Список рекомендованої літератури»;
- необхідна документація (технічні умови, креслення деталей, довідкова література, характеристики інструментів);

- технічні засоби навчання;
 - дистанційна платформа Moodle;
 - Teams;
 - активований акаунт університетської пошти (student.i.p.@nmu.one)
- Офіс 365.

Рекомендації щодо виконання роботи та обробки результатів експерименту

Правила охорони праці

Не включати верстат без дозволу викладача; твердо засвоїти призначення і розміщення органів управління верстатом; наладку і вимірювальні роботи проводити тільки при остаточній зупинці верстата; під час роботи верстата нічого не переключати; остерігатися рухомих частин верстата; не залишати без уваги включений верстат.

1 Підготовка вихідних даних для розточування гільзи циліндра

1.1 Ознайомитися з інформаційною базою [1]–[11], яка надана в розділі «Список рекомендованої літератури».

1.2 Вивчити конструктивно-технологічну характеристику циліндра двигуна та технічні вимоги до нього; умови роботи циліндра та можливі дефекти; способи ремонту циліндра двигуна.

1.3 Усвідомити технологію розточування циліндра; точність розмірів, форми та розташування, величину шорсткості поверхні циліндра при розточуванні; параметри режиму розточування, їх вплив на якість та ефективність ремонту.

1.4 Ознайомитись з робочим місцем та усвідомити будову та основні вузли верстата, його кінематику, органи управління та порядок роботи на верстаті, спосіб встановлення та кріплення деталі при обробці, паспортні дані частоти обертання шпинделя та діапазон подач, характеристику різального інструменту, правила безпеки при роботі на верстаті. Отримати деталі та інструменти. Підготувати інструменти до роботи.

1.5 Протерти дзеркало і бурт гільзи та встановити зовнішнім оглядом наявність вибракованих дефектів гільз. Не допускаються тріщини, обломи, неусувні дефекти, які виникли при роботі двигуна чи при попередньому розточуванні; тверді відкладення і зазублення на посадочних поверхнях призведуть до перекосу гільзи.

1.6 Виміряти довжину гільзи $l_{\text{отв}}$ і внутрішній діаметр після розточування D на висоті 15...20 мм в двох взаємно перпендикулярних напрямках з точністю до 0,01 мм.

1.7 Ознайомитись зі зразком звіту про виконання практичної роботи 8 (додаток К). В бланк звіту (п. 1) записати конструктивно-технологічну характеристику гільзи, діаметр гільзи до розточування, заданий діаметр розточування, способи ремонту, результати зовнішнього огляду деталей.

2 Розробка операції розточування гільзи циліндра

2.1 Усвідомити технічні вимоги (креслення, РК) до відновленої гільзи циліндра.

2.2 Призначити зміст технологічного та допоміжного переходів при розточуванні гільзи і черговість їх виконання, а також спосіб та зміст контролю якості робіт.

2.3 Підібрати обладнання, пристосування, інструмент (різальний та вимірювальний). Усвідомити характеристики різця.

2.4 Призначити параметри режиму розточування гільзи циліндра.

2.4.1 Визначити припуск на розточування:

знайти максимальний розмір зношеного отвору – D_3 ;

встановити діаметр найближчого ремонтного розміру D_{pp} :

$$D_{pp} \geq D_3 + Z_{\text{нерів}} + 2Z,$$

де D_{pp} – нижнє відхилення категорійного ремонтного розміру, мм;

D_3 – максимальний діаметр зношеного отвору, мм;

$Z_{\text{нерів}}$ – величина нерівномірного одностороннього зносу, мм;

Z – мінімальний односторонній припуск на обробку, мм (на хонінгування припуск прийняти $Z_x = 0,015$ мм);

$$Z_{\text{нерів}} = \beta \cdot Z_{\text{заг}},$$

де β – коефіцієнт нерівномірності зносу, для дзеркала циліндра $\beta = 0,6$;

$Z_{\text{заг}}$ – двостороннє зношування циліндра, мм;

$$Z_{\text{заг}} = D_3 - D_{\text{п}},$$

де $D_{\text{п}}$ – діаметр гільзи до експлуатації, мм;

$$Z = D_{pp} - D_3 - Z_x.$$

2.4.2 Визначити глибину різання t (мм) з урахуванням рекомендацій табл. 8.1 та призначити кількість проходів i .

2.4.3 Обрати нормативну подачу S_T (мм/об) (табл. 8.1) та уточнити її за паспортом верстата S_{ϕ} .

2.4.4 Прийняти нормативну швидкість різання V_T , м/хв (табл. 8.1).

2.4.5 Розрахувати частоту обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000V_T}{\pi D_p},$$

де D_p – діаметр отвору, що розточується, мм.

2.4.6 Уточнити значення частоти обертання шпинделя за паспортом верстата n_{ϕ} , хв^{-1} .

2.4.7 Розрахувати довжину робочого ходу шпиндельної бабки:

$$L_{px} = l + l_1 + l_2,$$

де l – довжина циліндра за кресленням, мм;

l_1, l_2 – довжини врізання та перебігу різця, відповідно, мм; $l_1 + l_2 = 3 \dots 5$ мм.

2.4.8 Розрахувати машинний час:

$$t_m = \frac{L_{px}}{n_{\phi} S_{\phi}} i.$$

2.5 Записати до звіту (п. 2) зміст переходів, обладнання, інструмент, розміри оброблюваної поверхні, значення параметрів режиму різання.

3 Налагодження вертикально-розточувального верстата

Увага: налагодження вертикально-розточувального верстата потрібно виконувати при вимкненому верстаті.

Налагодження проводити з дозволу та в присутності викладача.

3.1 Перевірити електричну проводку і заземлення.

3.2. Виконати налагодження верстата:

- протерти верхню поверхню пристосування, вставити в нього гільзу, перевірити надійність кріплення пристосування на столі верстата;
- встановити кулачок включення верхнього кінцевого перемикача у положення, що відповідає довжині робочого ходу;
- виставити різець на встановлену глибину різання;
- перемикач швидкостей електродвигуна та рукоятки перемикачання подач та частоти обертання шпинделя встановити в потрібні положення;
- змастити механізми за допомогою багатоточкового лубрикатора (5...7 обертів рукоятки проти годинникової стрілки).

Увімкнути кулачкову муфту шпинделя (рукоятка 18, рис. 8.1).

Підвести вручну різець до торця гільзи, щоб відстань між ріжучою гранню і кромкою отвору було 3...5 мм.

4 Розточування гільзи циліндра

4.1 Виконати розточування гільзи:

- взяти заходів для безпеки оточуючих та працюючого; з дозволу викладача увімкнути головний рубильник, потім силовий автомат (за верстатом на стіні), вхідний вимикач 11 (рис. 8.1), натиснути кнопку «Пуск» пульта управління; увага: у разі появи характерних ознак несправностей чи небезпеки здоров'ю працюючого негайно натиснути червону кнопку «Стоп»;
- зафіксувати час початку і закінчення робочого ходу різця та порівняти

його з розрахунковим часом;

- уважно спостерігати знімання пробної стружки, тобто перших робочих обертів різця – це показник якості наладки верстата; нерівномірний звук розточування, холостий хід, або занадто глибока глибина різання свідчать про незадовільне налагодження – треба зупинити верстат і повторити весь процес налагодження;

- після завершення розточування верстат зупиниться автоматично (згідно із зробленим раніше налагодженням).

4.2 Виконати заключні роботи з верстатом:

- натиснути на кнопку «ВВЕРХ» і поштовхами підняти шпindelьну бабку на 20...25 мм над гільзою;

- вимкнути силовий автомат;

- вимкнути механічне обертання шпindelьної головки повертанням рукоятки 18 вниз (з лівого боку зверху);

- вийняти різець;

- вийняти гільзу, порівняти її діаметр з заданим;

- порівняти розрахунковий і фактичний час.

5 Контроль операції розточування гільзи циліндра

5.1 Виміряти діаметр розточеного отвору гільзи циліндра (циліндра блоку).

5.2 Визначити похибки розміру та форми отвору.

5.3 Визначити шорсткість розточеної поверхні та порівняти її з еталоном.

5.4 Зіставити результати контролю розміру, форми та шорсткості з вимогами креслення або керування з капітального ремонту; зробити висновки стосовно якості деталі.

Зробити запис до звіту (п. 5).

6 Оформлення звіту за результатами практичної роботи

Підсумковим етапом виконання практичної роботи є складання й оформлення звіту (додаток К).

На підставі вимірювань, розрахунків, технічних вимог та розточування визначити технічний стан гільзи циліндрів і зробити висновки відносно якості деталі. Записати до звіту (п. 3).

Вимоги до оформлення та захисту результатів роботи

Звіт про виконання розточування гільзи рекомендовано виконувати в наступній послідовності (додаток К):

- надати конструктивно-технологічну характеристику гільзи циліндрів та технічні вимоги;

- запропонувати способи ремонту гільзи циліндра;

- описати дефекти, що виявлені зовнішнім оглядом;

- розробити операційну карту розточування гільзи циліндра;

- вказати результати розрахунку режиму розточування та машинного часу;
 - вказати результати виконання операції розточування: розміри гільз, нециліндричність, шорсткість;
 - зробити висновки за результатами розточування гільзи циліндра.
- Виконану практичну роботу та оформлений звіт треба захистити та отримати оцінку за результатами поточного контролю.

Питання для підготовки до захисту результатів практичної роботи

- 1 Які визначення термінів «технологічний процес» та «операція»?
- 2 Які умови роботи гільзи циліндрів, вид та характер можливих дефектів?
- 3 Які дефекти блоку циліндрів та гільз можна виявити візуальним оглядом?
- 4 Які є способи ремонту гільзи циліндрів?
- 5 З якою метою виконується розточування гільзи?
- 6 Які головні частини верстата?
- 7 Як встановити різець в різцеву головку шпинделя верстата?
- 8 Як виконується налагодження центруючою оправкою?
- 9 Для чого треба знати висоту гільзи?
- 10 До чого призведе відсутність співвісності шпинделя і гільзи?
- 11 У якій послідовності призначається режим різання при розточуванні?
- 12 Які параметри режимів різання порівнюють з паспортними даними верстата?
- 13 В яких випадках робиться аварійне зупинення верстата?
- 14 Як зробити технічний контроль розточеного циліндра?
- 15 Яка операція і для чого виконується з гільзою після розточування?

Критерії оцінювання практичної роботи

Звіт з практичної роботи наводиться у системі Microsoft Office 365. Виконаний звіт відсилається на дистанційну платформу Moodle.

Практична робота оцінюється якістю звіту про виконання практичної роботи експертним методом з використанням критеріїв, зазначених в робочій програмі та силабусі навчальної дисципліни.

Практична робота оцінюється у 100 балів.

Список рекомендованої літератури: [1]–[11].

Додатки

Рекомендовані додатки А і К.

Практична робота 9

Хонінгування гільзи циліндра двигуна

Мета та очікувані результати навчання

Метою практичної роботи є надбання практичних навичок виконання хонінгування гільзи циліндра на хонінгувальному верстаті.

В результаті виконання практичної роботи здобувачі зможуть набути таких умінь і навичок:

- володіння технологією хонінгування гільзи циліндра;
- уміння самостійно виконувати хонінгування гільзи циліндра на хонінгувальному верстаті.

Завдання і тривалість роботи

- 1 Підготовка вихідних даних для хонінгування гільзи циліндра.
- 2 Розробка операції хонінгування гільзи циліндра.
- 3 Налагодження хонінгувального верстата.
- 4 Хонінгування гільзи циліндра.
- 5 Контроль операції хонінгування гільзи циліндра.
- 6 Оформлення звіту за результатами практичної роботи.

Відповідно до робочої програми навчальної дисципліни, на виконання практичної роботи відведено 6 академічних годин, з яких: аудиторні заняття – 2 години, самостійна робота – 4 години.

Теоретичні положення

Схема хонінгування. Хонінгування – процес чистової обробки поверхонь деталей абразивними та алмазними брусками, які встановлені в головці, що забезпечує кінематичне замикання з оброблюваною поверхнею (рис. 9.1).

Хонінгування гільзи циліндрів дозволяє вирішувати важливі технологічні завдання – отримувати високу точність розміру та форми (*IT6...IT8*), малу шорсткість оброблених поверхонь ($R_a \leq 0,32$ мкм), мікрорельєф на робочій поверхні у вигляді сітки (рис. 9.1, 9.2), що дозволяє утримувати на поверхні моторну оливу під час експлуатації деталі [36].

Ці фактори обумовили широке використання хонінгування для обробки гільз циліндрів, які мають важкі умови змащення.

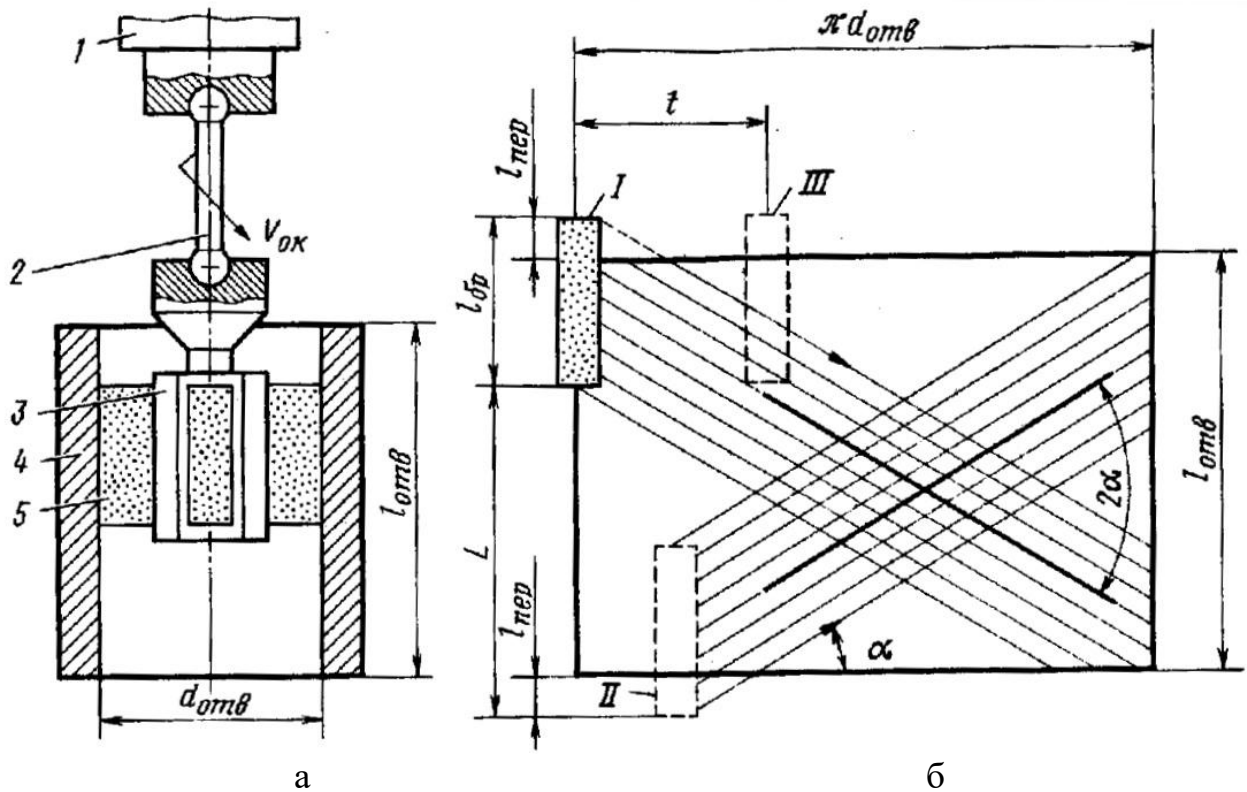
Шорсткість поверхні – сукупність нерівностей поверхні з відносно малим кроком, що розглядаються на базовій довжині. Основними параметрами шорсткості, за якими проводять нормування, є:

R_a (мкм) – середнє арифметичне відхилення профілю;

R_z (мкм) – висота нерівностей профілю по десяти точках.

Типову для хонінгування сітку слідів обробки – регулярний мікрорельєф поверхні із заданою шорсткістю, забезпечує поєднання обертального та зворотно-поступального руху хонінгувальної головки. На рис. 9.1 наведена

розгортка сітки слідів, що утворені бруском, що обертається, за один зворотно-поступальний хід по поверхні отвору гільзи циліндра двигуна [36]. Одним з основних параметрів, що характеризують процес хонінгування, є кут нахилу траєкторії руху α (рис. 9.1, б).



1 – шпиндель верстата; 2 – шарнірний пристрій; 3 – хонінгувальна головка;
 4 – гільза; 5 – хонінгувальний брусок;
 α – кут підйому сліду; 2α – угол схрещування слідів;
 I, II, III – послідовні положення бруска за один подвійний хід
 Рисунок 9.1 – Схема процесу хонінгування (а) та розгортка сітки слідів обробки (б) [36]

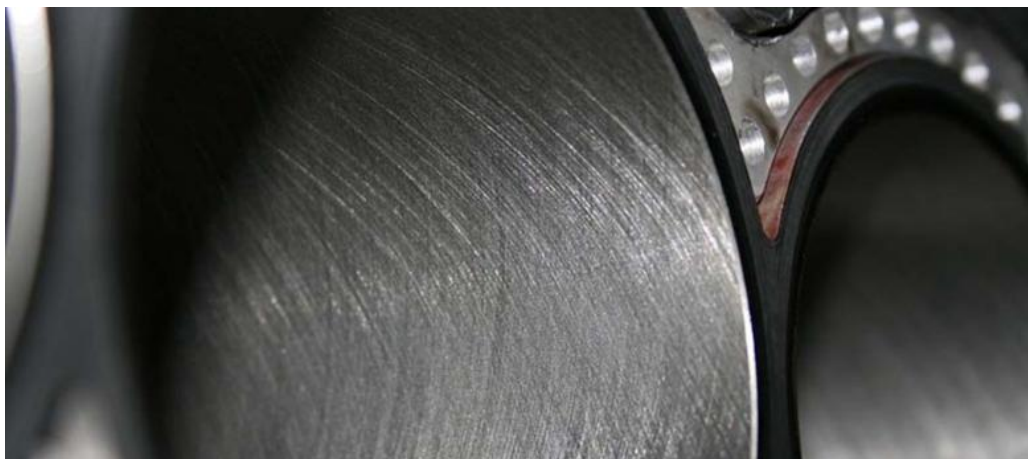


Рисунок 9.2 – Сітка слідів хонінгування на робочій поверхні гільзи

Процес хонінгування проводиться в умовах рясної подачі мастильно-охолоджуючої рідини в зону різання для відводу тепла, видалення стружки і продуктів зносу з поверхні гільзи та брусків, змащування, що сприяє покращенню умов мікрорізання.

Для хонінгування чавуну в якості мастильно-охолоджуючої рідини застосовують гас з додаванням 10...20 % індустріальної оливи І-12А.

Будова хонінгувального верстату. Хонінгувальний верстат 3Г833 (рис. 9.3) призначений для хонінгування отворів у гільзах автотракторних двигунів [30], [36], [41].

Основа верстата є плитою коробчастої форми, внутрішня порожнина якої є резервуаром для охолоджуючої рідини. На основі розташований електронасос охолодження, колона 7 та фільтр. На верхній робочій площині встановлюються пристосування 19 для обробки гільзи або блоків.

На колоні розташовані: привод зворотно-поступального руху хонінгувальної головки 6, привод обертання шпинделя 8, пульт управління.

Редуктор 10 передає обертання на приймальну шестірню повзуна через шлицевий вал. Його основні деталі: провідний вал-шестерня із закріпленим на ньому трьохструмковим шківом і ведена шестерня, що передає обертання шлицевому валу.

Повзун – механізм, що передає обертання від шлицевого вала на провідок хонінгувальної головки 16.

Коробка подач 13 встановлена на верхньому торці колони, служить для перетворення обертального руху приводу в зворотно-поступальний рух і передачі його за допомогою рейки на повзун.

З лицьового боку коробки розташоване фрикційне, електромагнітне гальмо, а з правого боку – механізм реверсування.

Кінематична схема верстата дозволяє здійснювати:

- обертальний та осьовий зворотно-поступальний рух хонінгувальної головки з одночасним радіальним переміщенням брусків головки;
- осьове переміщення хонінгувальної головки, що не обертається, вниз або вгору.

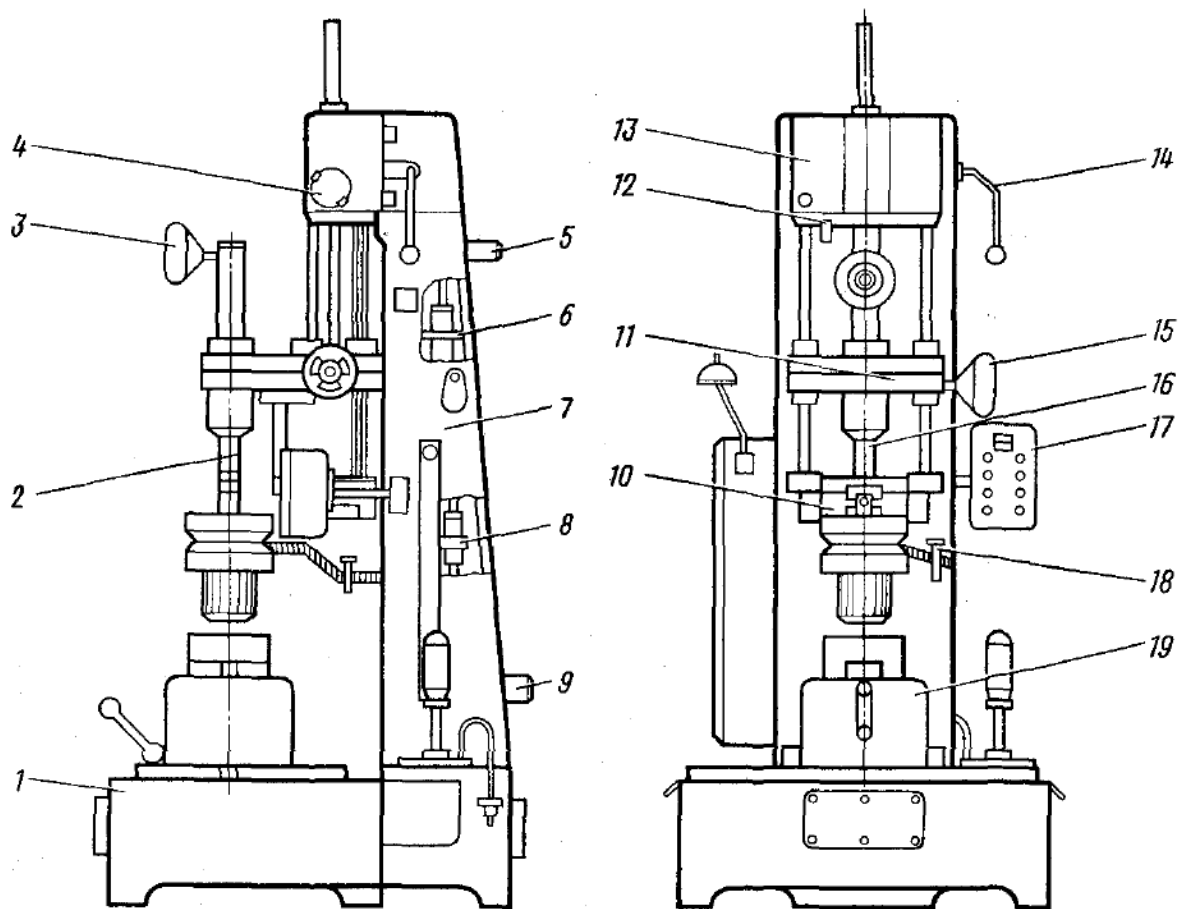
Верстат має систему з ручним приводом механізму розтиску.

Хонінгувальні бруски. Хонінгування здійснюється хонінгувальними головками (хонами) (рис. 9.4).

Тип та розміри абразивних брусків обирають за ДСТУ ISO 603-10:2019 (ISO 603-10:1999, IDT) залежно від виконуваної операції, форми та розмірів отвору, який потрібно обробити [49].

Абразивний брусок виготовляється, як правило, на керамічній основі, і має 50...55 % абразивних зерен, до 15 % зв'язки та 30...35 % порожнин. Під час роботи бруска відбувається інтенсивне взаємне зношування оброблюваного матеріалу деталі та абразиву: зерна останнього дряпають матеріал, знімають мікростружку і, одночасно, крихко руйнуються та відділяються від основи. При цьому утворюються нові ріжучі кромки (бруски самозаточуються). Частина

шламу, що утворюється, розміщується в порах брусків і видаляється в міру викришування абразиву.



1 – основа; 2 – шпиндель; 3 – маховик механізму розтискання хона; 4 – кулачки регулювання ходу повзуна; 5 – електродвигун зворотно-поступального руху шпинделя; 6 – привод зворотно-поступального руху хонінгувальної головки; 7 – колона; 8 – привод обертання шпинделя; 9 – електродвигун приводу обертання шпинделя; 10 – редуктор; 11 – повзун; 12 – штовхач кінцевого вимикача; 13 – коробка подач; 14 – рукоятка реверсу; 15 – маховик ручного введення хону; 16 – поводок хонінгувальної голівки; 17 – пульт керування; 18 – кран охолодження; 19 – пристосування для закріплення гільз при хонінгуванні

Рисунок 9.3 – Хонінгувальний верстат 3Г833

Алмазні хонінгувальні бруски суттєво відрізняються від абразивних.

Алмазний брусок на 70...80 % свого робочого об'єму складається з щільної металокерамічної зв'язки, решту об'єму займають зерна алмазу. Алмазні бруски майже не мають пористості. Алмазні зерна мають високу міцність і зносостійкість та тривалий час працюють без руйнування.

Для виготовлення алмазних брусків застосовують зерна природних (А) та синтетичних (АС) алмазів [36].

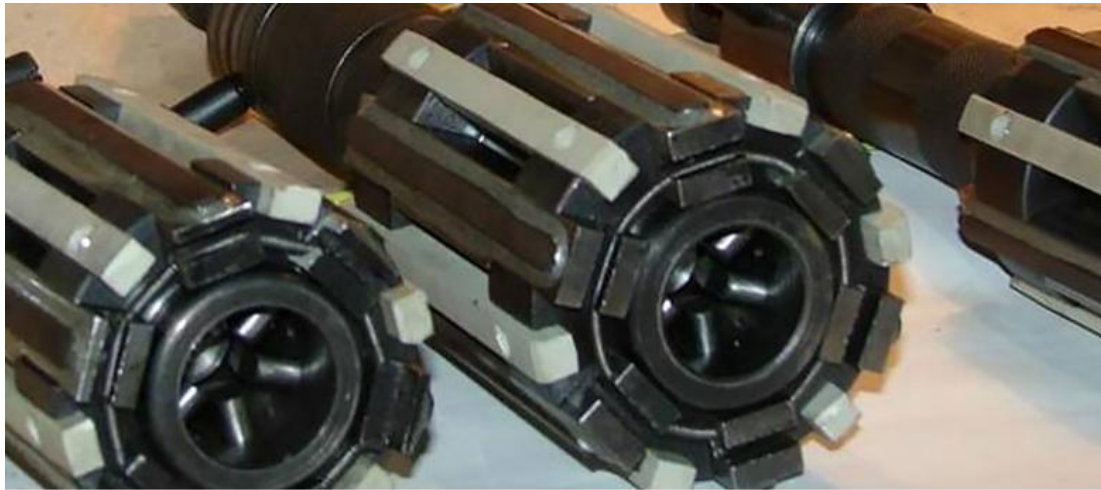


Рисунок 9.4 – Хонінгувальні головки (хони)

Характеристика алмазного бруска включає такі основні параметри: вид алмазних зерен, зернистість, концентрацію алмазного шару, зв'язку, форму та габаритні розміри.

Ріжуть поверхню деталі ділянки зерен, що виступають із зв'язки. Твердість зв'язки повинна бути значно нижчою за твердість оброблюваного матеріалу, щоб стружка, що утворюється, могла видаляти зв'язку поблизу зерен. Виступ останніх над поверхнею зв'язки повинен бути достатнім для розміщення та вимивання мікростружки, що залежить від режиму хонінгування і, зокрема, від питомого тиску, який має бути помірним, щоб не викликати заїдання брусків.

Хонінгування інструментами із синтетичних алмазів застосовується в автомобільній промисловості при обробці деталей зі сталі, чавуну, кольорових металів, пластмас та кераміки.

Режим хонінгування. Основні параметри режиму хонінгування гільзи наведено в табл. 9.1.

Припуски на хонінгування циліндрів залежать від матеріалу циліндра та його діаметра. Припуск на хонінгування встановлюється за даними табл. 9.2.

Окружна швидкість обертання хонінгувальної головки розраховується за формулою:

$$V_{ок} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000},$$

де D – діаметр отвору, що обробляється, мм;

n – частота обертання хонінгувальної головки, об/хв⁻¹.

Швидкість зворотно-поступального руху головки розраховується за формулою:

$$V_{зп} = \frac{2 \cdot L \cdot n_2}{1000},$$

де L – довжина робочого ходу хонінгувальної головки, мм;

n_2 – число подвійних ходів хонінгувальної головки за 1 хв.

Співвідношення між швидкостями обертального та зворотно-поступального руху хонінгувальної головки:

$$\lambda = \frac{V_{ок}}{V_{зп}}$$

Таблиця 9.1 – Основні параметри режиму різання при хонінгуванні

Матеріал, що обробляється	Характер обробки	Припуск на діаметр, мм	Абразивні бруски	Тип бруска	Розміри бруска, мм	$V_{ок}$, м/хв	$V_{зп}$, м/хв	λ
Чавун	Попередня	0,04...0,08	64С10ПСТ 2-Т-27К5А	БКв	$B = 10 \dots 13,$ $l_{бр}=100,125,150$	40...80	17...22	3...5
Чавун	Остаточна	0,005...0,01	64СМ20- М28ПСТ2- Т26К5А	БКв		30...50	10...15	5...8

Таблиця 9.2 – Припуск на хонінгування

Діаметр отвору, мм	Припуск на діаметр, мм	
	Чавун	Сталь
25...150	0,018...0,100	0,010...0,040

На якість обробки істотно впливає як абсолютне значення швидкостей $V_{ок}$ і $V_{зп}$, так і їх відношення, що визначає кут α сітки рисок (рис. 9.1, 9.2).

При призначенні режимів алмазного хонінгування обмежуючим фактором є $V_{зп}$, яку практично не можна встановити на існуючих верстатах вище 15...20 м/хв. Вищі значення $V_{зп}$ не забезпечують плавності руху хона і викликають вібрації в процесі хонінгування.

Окружна швидкість $V_{ок}$ істотно впливає на процес хонінгування. Зі збільшенням $V_{ок}$ значно зростає продуктивність обробки. Але при високих швидкостях ($V_{ок} > 20$ м/хв) збільшується нагрівання деталі, погіршується геометрична форма отвору.

Швидкість зворотно-поступального руху хонінгувальної головки приймається в залежності від $V_{ок}$ у певному відношенні, що забезпечує оптимальний кут нахилу фасок, які формують сітку на робочій поверхні гільзи.

Оптимальна величина кута між рисками становить 45...60°, що забезпечується певним співвідношенням величин окружної швидкості до швидкості зворотно-поступального руху хона:

$$\lambda = \frac{V_{ок}}{V_{зп}} = 3 \dots 8.$$

Рекомендовані значення $V_{ок}$ наведено у табл. 9.3.

Регулювання окружної швидкості проводиться за допомогою варіатора, а зворотно-поступальної – за допомогою підбору шестерень редуктора.

Радіальна подача брусків за один подвійний хід при хонінгуванні деталей із чавуну знаходиться в межах 0,06...0,20 мкм, а при хонінгуванні деталей з загартованої сталі – 0,05...0,15 мкм.

Таблиця 9.3 – Вибір окружної швидкості хонінгування

Оброблюваний матеріал	Окружна швидкість хонінгування $V_{ок}$, м/хв	
	чорнова обробка	чистова обробка
Сталь незагартована	20...30	30...45
Сталь загартована цементована та азотована	30...50	50...60
Чавун сірий	60...70	70...80
Чавун загартований	20...30	30...40

Рекомендовані швидкості $V_{зп}$ та $V_{ок}$ можна призначити за табл. 9.4.

Таблиця 9.4 – Рекомендовані швидкості різання при хонінгуванні

Оброблюваний матеріал	Окружна швидкість $V_{ок}$, м/хв	Зворотно-поступальна швидкість $V_{зп}$, м/хв
Чавун	60...75	10...20
Бронза	60...75	10...20
Сталь	40...65	10...15
Сталь загартована	20...35	5...10

Основний вплив на продуктивність обробки має величина тиску P_0 або дозована радіальна подача брусків.

Рекомендований тиск $P_п$ при попередньому хонінгуванні чавунних деталей дорівнює 1,2...1,5 МПа, а загартованої сталі – 0,8...1,2 МПа.

Величина робочого ходу хонінгувальної головки особливо сильно впливає на точність обробки глибоких отворів, коли довжина хона менше довжини отвору. При обробці отворів, довжина яких значно менша за довжину хону, вплив робочого ходу на точність не проявляється.

Для хонінгування глибоких отворів, розрахунок робочого ходу хонінгувальної головки визначають за формулою:

$$L = l_{\text{отв}} + 2 \cdot l_{\text{пер}} - l_{\text{бр}},$$

де $l_{\text{отв}}$ – довжина отвору циліндра, мм;

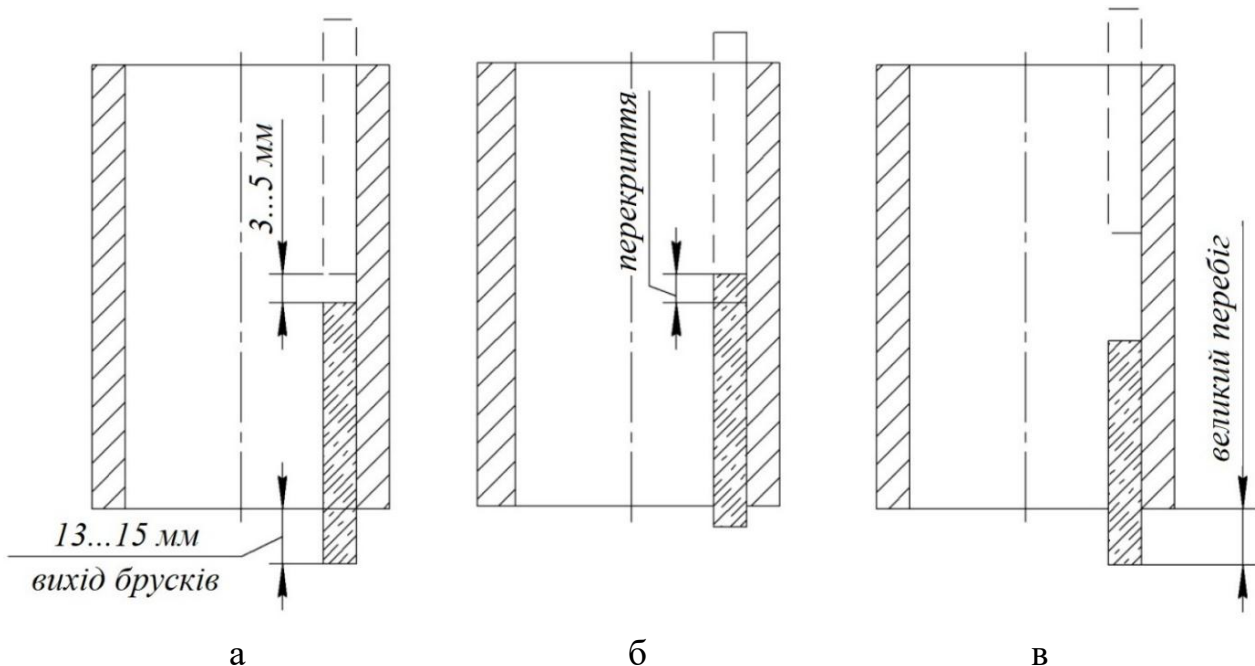
$l_{\text{пер}}$ – величина перебігу брусків за межі отвору, мм;

$l_{\text{бр}}$ – довжина хонінгувального бруска, мм.

Для забезпечення правильної форми циліндрів (тобто відсутності «бочки» або «корсету»), повинно бути певне співвідношення між довжиною брусків, величиною ходу головки та висотою циліндрів (рис. 9.5, а). Зазор між ходом брусків, що гарантує відсутність утворення «бочки», знаходиться в межах 3...5 мм.

При використанні довгих брусків і короткому робочому ході відбувається перекриття брусків і утворення «бочки» (рис. 9.5, б).

Щоб уникнути утворення «корсета» (рис. 9.5, в), потрібно тримати вихід брусків при їх зворотно-поступальному русі в межах 13...15 мм в кожную сторону, залежно від розміру ріжучого інструменту та зазору, що рекомендується.



а – нормальна форма; б – «бочка»; в – «корсет»

Рисунок 9.5 – Вплив на правильну форму циліндрів співвідношення між довжиною брусків, величини ходу головки та висоти циліндрів

Обладнання, прилади та матеріали, необхідні для виконання роботи

- гільзи циліндра двигуна;
- хонінгувальний верстат ЗГ833;
- пристосування з пневматичним затискувачем гільзи;
- компресор;
- хонінгувальні головки з алмазними та абразивними брусками;
- стійка мікрометра С-IV;

- штатив Ш-П-Н;
 - мікрометр МК-100;
 - індикаторний нутромір НІ-100;
 - штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,05;
 - лінійка 300;
 - еталон шорсткості по чавуну;
 - рекомендована література [1]–[11], перелік якої надано в розділі «Список рекомендованої літератури»;
 - необхідна документація (технічні умови, креслення деталей, довідкова література, характеристики інструментів);
 - технічні засоби навчання;
 - дистанційна платформа Moodle;
 - Teams;
 - активований акаунт університетської пошти (student.i.p.@nmu.one)
- Офіс 365.

Рекомендації щодо виконання роботи та обробки результатів експерименту

Правила охорони праці

Вмикати верстат тільки з дозволу викладача; твердо засвоїти призначення, розташування та послідовність включення кнопок управління; надійно закріплювати гільзу в пристосованні і хонінгувальну головку в шпинделі верстата; не вводити пальці рук в небезпечну зону рухомих частин; наладку та вимірювальні роботи проводити тільки при остаточній зупинці верстата; не залишати без уваги працюючий верстат.

1 Підготовка вихідних даних для хонінгування гільзи циліндра

1.1 Ознайомитися з інформаційною базою [1]–[11], яка надана в розділі «Список рекомендованої літератури».

1.2 Вивчити конструктивно-технологічну характеристику гільзи циліндра двигуна та технічні вимоги; умови роботи гільзи циліндра та можливі дефекти; способи ремонту гільзи циліндра двигуна.

1.3 Усвідомити технологію хонінгування гільзи циліндра; точність розмірів, форми та розташування, величину шорсткості поверхні гільзи при хонінгуванні; параметри режиму хонінгування, їх вплив на якість та ефективність ремонту.

1.4 Ознайомитись з робочим місцем та усвідомити будову та основні вузли верстата, його кінематику, органи управління і порядок роботи на верстаті; спосіб встановлення та закріплення гільзи при обробці; паспортні дані частоти обертання та швидкості зворотно-поступального руху хонінгувальної головки, характеристику хонінгувальних брусків; правила безпеки при роботі на

хонінгувальному верстаті. Отримати деталі та інструменти. Підготувати інструменти до роботи.

1.5 Протерти дзеркало гільзи та встановити зовнішнім оглядом наявність вибракованих дефектів гільз. Не допускаються тріщини, задири, перепади діаметрів.

1.6 Виміряти довжину гільзи $l_{\text{отв}}$ і внутрішній діаметр після розточування D на висоті 15...20 мм в двох взаємно перпендикулярних напрямках з точністю до 0,01 мм.

1.7 Ознайомитись зі зразком звіту про виконання практичної роботи (додаток Л). В бланк звіту (п. 1) записати конструктивно-технологічні характеристики гільзи, діаметр гільзи до хонінгування, способи ремонту, результати зовнішнього огляду деталей.

2 Розробка операції хонінгування гільзи циліндра

2.1 Усвідомити технічні вимоги (креслення, РК) до відновленої гільзи циліндра.

2.2 Призначити зміст технологічного та допоміжного переходів при хонінгуванні отвору під поршень та черговість їх виконання, а також спосіб та зміст контролю якості робіт.

2.3 Підібрати обладнання, пристосування, інструмент (різальний та вимірювальний). Усвідомити характеристики хонінгувальних брусків. Обрати змащувально-охолоджувальну рідину.

2.4 Призначити параметри режиму хонінгування гільзи циліндра.

2.4.1 Визначити припуск на хонінгування Z_x :

$$Z_x = D_{\text{pp}} - D,$$

де D_{pp} – нижнє відхилення ремонтного розміру отвору під поршень, мм;

D – діаметр отвору під поршень після розточування, мм.

2.4.2 Обрати тип, розміри та характеристику хонінгувальних брусків.

Довжина бруска визначається за формулою:

$$l_{\text{бр}} = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{3}{4}\right) \cdot l_{\text{отв}},$$

де $l_{\text{отв}}$ – довжина отвору, який хонінгують, мм.

2.4.3 Розрахувати величину перебігу брусків за межі отвору:

$$l_{\text{пер}} = \frac{1}{3} l_{\text{бр}}.$$

Через невірно встановлену величину перебігу брусків виникає підвищена похибка форми отвору (конусоподібність, бочкоподібність, сідлоподібність та ін.).

2.4.4 Розрахувати довжину робочого ходу шпindelьної бабки L , мм:

$$L = l_{\text{отв}} + 2l_{\text{пер}} - l_{\text{бр}}.$$

2.4.5 Обрати за нормативом режимів різання рекомендовані швидкості зворотно-поступального $V_{\text{зп}}$ та обертального $V_{\text{ок}}$ рухів хонінгувальної головки.

2.4.6 Розрахувати частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_{\text{ок}}}{\pi \cdot D}.$$

2.4.7 Розрахувати нормативну швидкість зворотно-поступального руху $V_{\text{зп}}$ та розрахункову частоту обертання шпинделя n_p , зробити уточнення за паспортом верстата та прийняти фактичні значення $V_{\text{зпф}}$ та $n_{\text{ф}}$.

2.4.8 За нормативом режиму різання прийняти відповідний конкретним умовам хонінгування питомий тиск брусків P_0 та визначити силу осьового зусилля пружини розтискання брусків P :

$$P = P_0 \cdot l_{\text{бр}} \cdot B \cdot n \cdot \text{tg}(\varphi + Q),$$

де $l_{\text{бр}}$ – довжина бруска, см;

B – ширина бруска, см;

n – кількість брусків;

φ – кут конуса розтискання, град; $\varphi = 10 \dots 15^\circ$;

Q – кут тертя, град; $Q = 6^\circ$.

2.4.9 Розрахувати машинний час хонінгування $t_{\text{м}}$, хв:

$$t_{\text{м}} = \frac{n_1}{n_2},$$

де n_1 – число подвійних ходів, що необхідне для зняття припуску;

n_2 – число подвійних ходів шпindelьної бабки за 1 хв.

Число подвійних ходів, що необхідне для зняття припуску, розраховується за формулою:

$$n_1 = \frac{Z_x}{b},$$

де Z_x – припуск на хонінгування на бік, мм;

b – шар металу, що знімається за один подвійний хід, мм.

Для чавуну шар металу, що знімається за один подвійний хід, прийняти рівним $b = 0,002$ мм.

Число подвійних ходів шпindelьної бабки за 1 хв розраховується за формулою:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot V_{\text{зпф}}}{2L}.$$

2.5 Записати у звіт (п. 2) зміст переходів, обладнання, інструмент, розміри оброблюваної поверхні, значення параметрів режиму обробки.

3 Налагодження хонінгувального верстата

Увага: налагодження хонінгувального верстата виконувати при вимкненому верстаті.

Налагодження проводити з дозволу та в присутності викладача.

3.1 Встановити гільзу циліндра в пристосування, відцентрувати із хонінгувальною головкою і закріпити затискачами.

3.2 Знайти кулачки управління реверсом шпindelьної бабки та встановити їх у потрібне положення.

3.3 Встановити та закріпити бруски в колодках хонінгувальної головки.

Приєднати головку до шпindelя верстата й за допомогою гвинта застопорити запобіжне кільце.

3.4 Перевірити надійність приєднання шпindelя (щільність затягування гайки з диференційованим різьбленням).

3.5 Встановити частоту обертання, швидкість зворотно-поступального руху та положення датчика кінцевого вимикача шпindelьної бабки у верхньому крайньому положенні.

3.6 Перевірити наявність мастильного матеріалу та змащувально-охолоджуючої рідини.

3.7 Затиснути бруски обертанням маховика механізму розтискання за годинниковою стрілкою.

4 Хонінгування гільзи циліндра

З дозволу та в присутності викладача зробити хонінгування гільзи циліндра у межах розрахункового машинного часу.

Забезпечити безпеку оточуючих та працюючого.

Увага! У разі виникнення несправності чи небезпеки негайно натиснути кнопку «Загальний стоп».

Підготуватись до хронометражу машинного часу.

4.1 Увімкнути вступний вимикач (верстат підключиться до електромережі). При цьому загориться сигнальна лампа на пульті керування.

4.2 Обертанням маховика 3 механізму розтискання хона за годинниковою стрілкою затиснути бруски.

4.3 Перемикач режимів поставити в положення «Введення хона».

4.4 Натиснути кнопку «Подача – пуск» (ввімкнеться електродвигун подачі).

4.5 Короткочасними поштовхами кнопки «Товчковий» (повзун здійснює переривчасті рухи вниз) підвести хонінгувальну головку до оброблюваного отвору на відстань не менше 50 мм.

4.6. Перемикач режимів поставити в положення «Ручний».

4.7 Маховиком ручного введення плавно ввести хонінгувальну головку в отвір, що обробляється.

4.8 Перемикач режимів встановити в положення «Введення хона».

4.9 Натиснути кнопку «Шпindel – пуск» (відбувається обертальний та зворотно-поступальний рух хонінгувальної головки).

4.10 Обертанням маховика проти годинникової стрілки розтиснути бруски на встановлений тиск (стискається тарирована пружина, зусилля стиснення контролюється за шкалою). По секундоміру почати відлік машинного часу операції. Хонінгувати гільзу у розмір.

4.11 Після закінчення часу хонінгування послабити тиск брусків, натиснути кнопку «Шпindel-стоп», а потім кнопку «Кінець циклу». Електродвигун 9 приводу шпинделя відключається, повзун рухається вгору до тих пір, поки не натисне на штовхач кінцевого вимикача 12, після чого повзун зупиняється.

4.12 Для повної зупинки верстата та у разі екстреної необхідності відключення всіх механізмів верстата – натиснути кнопку «Загальний стоп».

4.13 Зняти гільзу з верстата.

5 Контроль операції хонінгування гільзи циліндра

5.1 Виміряти діаметр отвору гільзи циліндра.

5.2 Визначити похибки розміру та форми отвору ($\Delta_{\text{ов}}$, $\Delta_{\text{кон}}$).

5.3 Визначити шорсткість дзеркала гільзи шляхом порівняння з еталоном шорсткості.

5.4 Зіставити результати контролю розміру, форми та шорсткості з вимогами креслення або керування з капітального ремонту; зробити висновки стосовно якості деталі.

Зробити запис до звіту (п. 5).

6 Оформлення звіту за результатами практичної роботи

Підсумковим етапом виконання практичної роботи є складання й оформлення звіту (додаток Л).

На підставі вимірювань, розрахунків, технічних вимог та хонінгування визначити технічний стан гільзи циліндрів і зробити висновки відносно якості деталі. Записати до звіту (п. 6).

Вимоги до оформлення та захисту результатів роботи

Звіт про виконання хонінгування гільзи рекомендовано виконувати в наступній послідовності (додаток Л):

- дати конструктивно-технологічну характеристику гільзи циліндрів та технічні вимоги;
- запропонувати способи ремонту гільзи циліндра;
- описати дефекти, що виявлені зовнішнім оглядом;
- розробити операційну карту хонінгування гільзи циліндра;
- вказати результати розрахунку режиму хонінгування та машинного часу;
- вказати результати контролю операції хонінгування: розміри гільз, нециліндричність, шорсткість;
- зробити висновки за результатами хонінгування гільзи циліндра.

Виконану практичну роботу та оформлений звіт треба захистити та отримати оцінку за результатами поточного контролю.

Питання для підготовки до захисту результатів практичної роботи

- 1 В чому полягає призначення хонінгування?
- 2 У чому полягає сутність процесу хонінгування як виду обробки?
- 3 Які матеріали використовуються для виробництва гільз та блоків циліндрів?
- 4 Які марки абразивних брусків застосовують для хонінгування?
- 5 Який рух виконує хонінгувальна головка?
- 6 Яке призначення змащувально-охолоджуючої рідини?
- 7 У якій послідовності розробляється хонінгувальна операція?
- 8 Як призначається режим різання при хонінгуванні?
- 9 Як уникнути порушення форми отвору, що хонінгується?
- 10 Який дефект придбає гільза при недостатньому перебігу брусків за торець гільзи?
- 11 Який дефект придбає гільза при надмірному перебігу брусків за торець гільзи?
- 12 Як перевірити якість хонінгування гільзи циліндра двигуна?

Критерії оцінювання практичної роботи

Звіт з практичної роботи наводиться у системі Microsoft Office 365. Виконаний звіт відсилається на дистанційну платформу Moodle.

Практична робота оцінюється якістю звіту про виконання практичної роботи експертним методом з використанням критеріїв, зазначених в робочій програмі та силабусі навчальної дисципліни.

Практична робота оцінюється у 100 балів.

Список рекомендованої літератури: [1]–[11].

Додатки:

Рекомендовані додатки А і Л.

Практична робота 10

Комплектування поршнів з гільзами циліндрів двигуна

Мета та очікувані результати навчання

Метою практичної роботи є ознайомлення з технічними вимогами та надбання практичних навичок виявлення посадок сполучених деталей і збирання їх в комплекти.

В результаті виконання практичної роботи здобувачі зможуть набути таких умінь і навичок:

- володіння методикою комплектування поршнів з гільзами циліндрів двигуна;
- уміння самостійно виконувати комплектування поршнів з гільзами циліндрів двигуна.

Завдання і тривалість роботи

1 Підготовка вихідних даних для комплектування поршнів з гільзами циліндрів двигуна.

2 Зважування поршнів.

3 Сортування поршнів за методом групової взаємозамінності.

4 Сортування гільз за методом групової взаємозамінності.

5 Комплектування деталей спряження.

6 Перевірка параметрів поршневих кілець.

7 Оформлення звіту за результатами практичної роботи.

Відповідно до робочої програми навчальної дисципліни, на виконання практичної роботи відведено 6 академічних годин, з яких: аудиторні заняття – 2 години, самостійна робота – 4 години.

Теоретичні положення

Складання – один із заключних етапів ремонту автомобілів, при якому одержують готовий працездатний автомобіль шляхом з'єднання у певній послідовності окремих деталей, вузлів та агрегатів. Важливою умовою отримання вузлів, агрегатів та автомобілів із заданими показниками якості є точність складання [18].

Деталі поступають на складання після кінцевого контролю, але перед складанням окремі деталі необхідно комплектувати.

Комплектування – це відповідальна операція виробничого процесу ремонту автомобіля, під час якої підбирають сполучені деталі спряжень і вузлів [18].

При комплектуванні деталі, що сполучаються, підбирають по методу повної, групової взаємозамінності, а також за масою. Слід також відзначити, що спільно припрацьовані деталі, які працюють в одному комплекті, повинні бути спільно

скомплектовані в ту ж пару, в якій вони працювали до розбирання (зубчаті пари, колінчаті вали і маховики та ін.).

Спочатку комплектують спряження і вузли, потім з них – агрегати.

Підбір деталей даного вузла починають з основної деталі. Потім підбирають деталі, які сполучаються з нею. Допоміжні деталі (болти, гайки, прокладки, пружини та ін.) підбирають для комплектованого вузла за типорозмірами і кількістю згідно специфікації.

Підбирання деталей за масою належить до деталей шатунно-поршневої групи двигунів і має важливе значення, оскільки різниця маси рухомих деталей від різних циліндрів може викликати вібрацію двигуна і підвищення інтенсивності зносу його деталей. Номер селективної групи і маса деталей маркуються на деталі [14].

Комплектування деталей в умовах ремонтного виробництва має свої особливості: спряження і вузли комплектуються з деталей трьох груп: з номінальними розмірами; з ремонтними розмірами; з розмірами, допустимими без ремонту (тобто з допустимим зносом). Тому дуже важливо правильно підібрати деталі, що сполучаються, з одних і тих же груп [18].

У ремонтному виробництві повна взаємозамінність зберігається тільки для складання із деталей з номінальними параметрами (нові або відновлені).

Гільзи і поршні, які комплектуються, повинні бути одного розміру: або за кресленням (номінального), або ремонтного [41].

Поршні підбирають за розмірною групою і масою. Значення маси поршня і маркування розмірної групи вибиті на днищі. Попередньо комплект поршнів підбирають у межах допустимої різниці у масі за цифровим маркуванням на днищі, а остаточно – за результатами зважування. В одному комплекті поршні за масою мають відрізнятись один від одного не більш ніж на 10 г [41]. Комплект поршнів, підібраний за масою, має бути однієї розмірної групи [14].

Поршні з гільзами комплектують за зазором між поршнем і гільзою.

Поршневі кільця маслороз'ємні і компресійні підбирають за розміром гільз і висотою канавок на поршні та перевіряють на спеціальному приладі на пружність, яка повинна бути для компресійних кілець 15..75 Н, маслороз'ємних – 18...52 Н, при зазорі у стику – 0,3...0,6 мм (залежно від марки двигуна). Можлива підгонка поршневих кілець за висотою шліфуванням їх на плоскошліфувальному верстаті з магнітним столом або вручну на плиті, вкритій наждачним папером. Коливання товщини для одного кільця допускається не більше 0,08 мм. Короблення торцевих поверхонь поршневих кілець допускається не більше 0,06 мм [14].

Від правильності підбору спряжень залежить точність складання вузлів і агрегатів, а також якість роботи готових автомобілів (агрегатів).

Комплектування спряжень і вузлів значно підвищує продуктивність складальних процесів, знижує трудомісткість операцій по їх підгонці [18].

Обладнання, прилади та матеріали, необхідні для виконання роботи

- деталі поршневої групи;
 - стіл лабораторний;
 - прилад для вимірювання пружності кілець;
 - пристрій для перевірки прилягання кілець до дзеркала гільзи;
 - ваги настільні контрольні;
 - штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05;
 - мікрометр МК-25;
 - індикаторний нутромір НІ-100;
 - динамометр ДПУ-0,2-2 0,2 кН (20 кг);
 - щуп стрічковий;
 - мірні плитки;
 - рекомендована література [1]–[11], перелік якої надано в розділі «Список рекомендованої літератури»;
 - необхідна документація (технічні умови, креслення деталей, довідкова література, характеристики інструментів);
 - технічні засоби навчання;
 - дистанційна платформа Moodle;
 - Teams;
 - активований акаунт університетської пошти (student.i.p.@nmu.one)
- Офіс 365.

Рекомендації щодо виконання роботи та обробки результатів експерименту

Правила охорони праці

Комплектування обов'язково включає вимірювання інструментом підвищеної точності; акуратне поводження з інструментом, правильне використання прийомів забезпечать високу точність підбирання сполучених пар; порушення точок регулювання інструмента або грубе поводження з ним призведуть до спотворення результатів вимірювань та псування інструмента.

1 Підготовка вихідних даних для комплектування поршнів з гільзами циліндрів двигуна

1.1 Ознайомитися з інформаційною базою [1]–[11], яка надана в розділі «Список рекомендованої літератури».

1.2 Визначити вимоги до посадки спряжень, що потрібно комплектувати, та допустиму різницю в масі поршня в зборі з шатуном, пальцем і кільцями.

Усвідомити сутність складання за методом групової взаємозамінності.

З'ясувати сутність перевірки підібраних деталей та їх спряжень.

1.3 Записати в бланк звіту технічні вимоги до посадки сполучених деталей, допустиму різницю в масі, найменування деталей, що комплектуються

(поршень, гільза), їх умовний номер (у поршня позначено на днище, у гільзи – на торці бурта).

1.4 Ознайомитись з робочим місцем та усвідомити розташування, призначення та влаштування обладнання, приладів та інструменту, зміст документів та довідкової інформації. Отримати деталі та інструменти. Перевірити за описом комплектність. Підготувати для роботи інструмент.

1.5 Протерти деталі насухо та виконати їх зовнішній огляд.

1.6 Ознайомитись із зразком звіту про виконання практичної роботи (додаток М). Внести необхідні дані в бланк звіту (п. 1).

2 Зважування поршнів

2.1 Визначити за маркуванням групу комплекту поршнів за масою.

2.2 Контрольним зважуванням (з точністю до 1 г) перевірити відповідність справжньої маси поршнів до маркованої на поршнях.

2.3 Результати записати до звіту (п. 2).

3 Сортування поршнів за методом групової взаємозамінності

3.1 Виміряти діаметр поршня у нижньому перерізі юбки перпендикулярно до осі пальця.

3.2 Порівняти дійсний розмір юбки поршня з граничними значеннями розмірних груп та визначити групу, до якої належить поршень.

3.3 Відсортувати поршні для складання за методом групової взаємозамінності.

3.4 Отримані значення записати до звіту (п. 3).

4 Сортування гільз за методом групової взаємозамінності

4.1 Виміряти отвори (точність вимірювання дорівнює 0,001 мм) в одному поясі на відстані 60 мм від верхнього торця гільзи та двох взаємно перпендикулярних площинах. Записати до звіту найменше з двох значень.

4.2 Порівняти дійсний розмір отвору гільзи з граничними значеннями розмірних груп та визначити групу, до якої належить гільза.

4.3 Відсортувати гільзи для складання за методом групової взаємозамінності.

4.4 Отримані значення записати до звіту (п. 4).

5 Комплектування деталей спряження

5.1 Підібрати поршні до гільз таким чином, щоб розмірна група поршнів, що встановлюється на один двигун, відповідала розмірній групі гільз циліндрів.

Правильність скомплектованих спряжень визначається порівнянням дієвого зазору з необхідним РК.

5.2 Перевірити проміжок між гільзами і поршнями способом протягування стрічкового щупа. Таким чином встановлюється не числове значення проміжку, а побічна його відповідність вимогам РК.

Перевірка проміжку між гільзами та поршнями способом протягування стрічкового щупа виконується в наступній послідовності:

– поставити гільзи на стіл за порядком їх номерів, так само поставити поряд поршні;

– одягнути щуп на динамометр і опустити його в гільзу, а другою рукою взяти поршень пальцями зсередини і опустити його в гільзу днищем вниз таким чином, щоб отвір під поршневий палець не попав під щуп;

– поволі і строго вертикально витягнути щуп, слідкуючи за стрілкою динамометра; можна повторити вимірювання, але вже з другого боку поршня; записати до звіту показання динамометра.

У такий спосіб треба кожним поршнем по черзі пройти кожну гільзу. Кожен здобувач вищої освіти виконує цю роботу по черзі самостійно, а інші записують результати вимірювань.

Отримані результати записати до звіту (п. 5).

6 Перевірка параметрів поршневих кілець

Перевірити та підібрати за циліндром поршневі кільця. Для визначення параметрів поршневих кілець потрібно перевірити зазори у спряженнях кілець з гільзою, поршнем, а також пружність кілець.

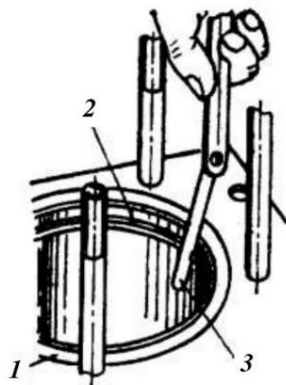
6.1 Визначення теплового зазору у замку кожного кільця:

– поставити перед собою гільзу і вертикально вставити доверху замком кільце;

– повернути кільце за обидва його кінці горизонтально (обережно, тому що може зламатися) і потім днищем поршня утопити його на 3...4 см, щоб надати кільцю строго горизонтального положення;

– вставити в замок мірні плиточки і пластини, а потім мікрометром виміряти їх загальну товщину (рис. 10.1).

Результати записати до звіту (п. 6).



1 – гільза; 2 – поршневе кільце; 3 – щуп

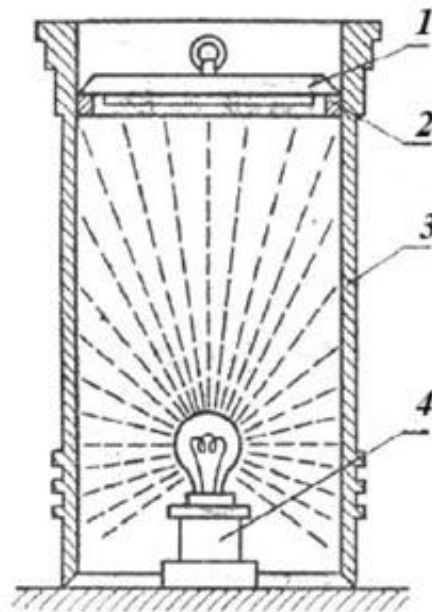
Рисунок 10.1 – Вимірювання зазорів у стику поршневого кільця [41]

6.2 Перевірка на просвіт щільності спряження кожного кільця до дзеркала гільзи:

– поставити перед собою пристрій з лампою підсвітлювання і встановити на нього гільзу;

– вставити в гільзу кільце (як в попередньому випадку) і утопити його на 3...4 см, накрити кільце дисковою кришкою;

– засвітити лампочку і візуально визначити щільність прилягання кільця до гільзи (рис. 10.2).



1 – кришка; 2 – кільце; 3 – гільза; 4 – лампа накалювання

Рисунок 10.2 – Перевірка поршневого кільця на якість прилягання до стінки циліндра [36]

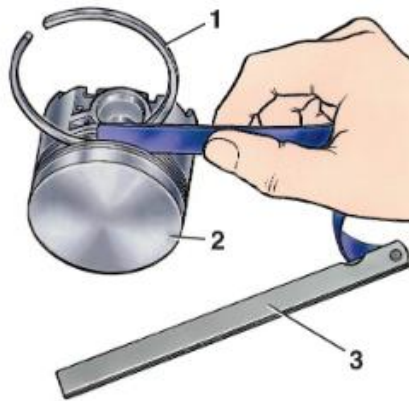
Просвіт між компресійними кільцями і стінкою гільзи не допускається; просвіт між маслоз'ємними кільцями і стінкою допускається в межах до 0,02 мм у будь-якому місці, але не ближче 5 мм від замка, з поступовим зменшенням його в обидва боки [41].

Результат записати до звіту (п. 6).

6.3 Перевірка компресійних кілець по канавках поршнів:

– зовні по поршню обкотити кільце по своїй канавці від одного кінця в замку до другого; кільця в канавках повинні обертатись плавно без заїдань; помітне утілення, а тим більш заїдання, не допускається; не надівати кільце на поршень, тому що може зламатися (рис. 10.3);

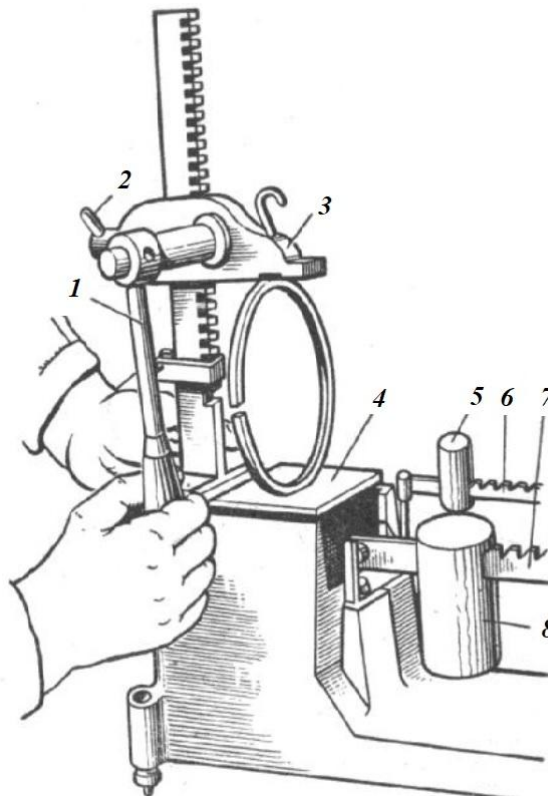
– виміряти проміжок між боковими поверхнями кільця і канавки поршня; вставити в канавку поршня пластину і тоді закотити туди кільце; як правило, доводиться або міняти пластину, або брати декілька пластин, поки не буде досягнуте помітне ущільнення (не занадто!) кільця; виміряти мікрометром товщину пластини (пластин) і записати до звіту (п. 6).



1 – поршневе кільце; 2 – поршень; 3 – набір щупів
 Рисунок 10.3 – Вимірювання зазорів між поршневим кільцем і канавкою поршня

6.4 Перевірка пружності кільця на спеціальному приладі:

– перевірити настройку пристрою – верхній тягарець своїм лівим краєм має стояти на нульовій грані, а нижній – теж на нульовій грані і обов’язково бути зафіксований у своїй канавці (рис. 10.4);



1 – ручка; 2 – гвинт; 3 – каретка; 4 – столик вагового механізму; 5 – малий вантаж (0,1 кг); 6 – важіль додаткового вантажу; 7 – основна важіль; 8 – великий вантаж (1,0 кг)

Рисунок 10.4 – Перевірка пружності поршневого кільця [36]

– встановити поршневе кільце між столиком вагового механізму 4 і упором каретки 3 пристрою таким чином, щоб стик кільця знаходився у горизонтальній площині;

– ручкою 1 стиснути кільце до нормального зазору у стику і зафіксувати картку 3 гвинтом 2;

– урівноважити ваговий механізм пристрою малим вантажем (0,1 кг) 5 і великим вантажем (1,0 кг) 8 і зняти показники із шкал, нанесених на важелі додаткового вантажу 6 та основному важелі 7;

– визначену пружність поршневого кільця порівняти з даними РК [14].

Результати вимірювань записати до звіту (п. 6).

7 Оформлення звіту за результатами практичної роботи

Підсумковим етапом виконання практичної роботи є складання й оформлення звіту (додаток М).

Порівняти параметри вимірювань з нормативними і зробити висновки відносно якості комплектування поршнів з гільзами.

Записати до звіту (п. 7).

Вимоги до оформлення та захисту результатів роботи

Звіт про виконання комплектування поршнів с гільзами рекомендовано виконувати в наступній послідовності (додаток М):

- надати характеристику деталей: гільзи циліндрів, поршня, компресійного кільця, маслоз'ємного кільця;
- описати дефекти, що виявлені зовнішнім оглядом;
- вказати результати зважування поршнів;
- вказати результати сортування поршнів;
- вказати результати сортування гільз;
- вказати результати підбору поршнів до гільз і в комплект за масою;
- вказати результати перевірки кілець і підбір їх до поршнів і гільз;
- зробити висновки відносно придатності деталей до роботи.

Виконану практичну роботу та оформлений звіт треба захистити та отримати оцінку за результатами поточного контролю.

Питання для підготовки до захисту результатів практичної роботи

- 1 З яких матеріалів виготовляють поршень, гільзу, кільця?
- 2 Яка сутність комплектування деталей?
- 3 Яке значення має комплектування для якості роботи автомобілів?
- 4 Які є способи комплектування деталей?
- 5 В чому особливість комплектування деталей при ремонті автомобілів?
- 6 В яких спряженнях деталей кривошипно-шатунного механізму і для чого вводять розмірні групи та групи за масою?

7 Де і як позначають розмірні групи гільзи, поршня?

8 Як дізнатися про належність гільзи циліндра та поршня до певної розмірної групи?

9 Як можна довести необхідність підбору поршнів та гільз циліндрів за розмірними групами?

10 Як визначити різницю в масі поршнів?

11 Чому обмежується різниця ваги поршнів для одного двигуна?

12 Що робити, якщо різниця ваги поршнів перевищує норму?

13 Що робити, якщо проміжок в замку кільця більше або менше нормативного?

14 Що станеться в роботі двигуна, якщо кільце сидить в канавці поршня дуже слабо або дуже туго?

Критерії оцінювання практичної роботи

Звіт з практичної роботи наводиться у системі Microsoft Office 365. Виконаний звіт відсилається на дистанційну платформу Moodle.

Практична робота оцінюється якістю звіту про виконання практичної роботи експертним методом з використанням критеріїв, зазначених в робочій програмі та силабусі навчальної дисципліни.

Практична робота оцінюється у 100 балів.

Список рекомендованої літератури: [1]–[11].

Додатки

Рекомендовані додатки А і М.

8 ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

Який вид тертя характерний для підшипників колінчатого вала двигуна при його пуску, поршневого пальця, стрижня клапана двигуна?

- а) напіврідинне;
- б) рідинне;
- в) граничне;
- г) сухе.

Яке відхилення називають дефектом деталі?

- а) параметра від значень, передбачених технічними вимогами на виготовлення;
- б) дійсних розмірів від номінального значення;
- в) взаємного розташування поверхонь від точної геометричної форми;
- г) дійсних розмірів від фактичного значення.

До виникнення яких дефектів приводить втомленість металу деталей, що працюють в умовах знакозмінних навантажень?

- а) аварійних;
- б) конструктивних;
- в) виробничих;
- г) експлуатаційних.

Які дефекти відносяться до аварійних?

- а) деформація, тріщини, борозди, викрошування;
- б) деформація, тріщини, борозди, корозія;
- в) деформація, тріщини, борозди, викривлення;
- г) деформація, тріщини, борозди, зміна початкових розмірів і геометричних форм.

Що є складовою технологічного процесу ремонту автомобілів?

- а) дефектування;
- б) матеріально-технічне постачання;
- в) забезпечення функціонування обладнання;
- г) забезпечення точності інструменту.

Що включається до розбірних робіт?

- а) очищення, розбирання, підйом, транспортування об'єктів ремонту, дефектування;
- б) розбирання, підйом, транспортування об'єктів ремонту, дефектування;
- в) очищення, розбирання, підйом, транспортування об'єктів ремонту;
- г) очищення, розбирання, підйом об'єктів ремонту, дефектування.

Якими інструментами вимірюють внутрішні діаметри (наприклад, отвори в блоках циліндрів або циліндрах двигунів внутрішнього згорання)?

- а) нутромірами;
- б) мікрометрами;
- в) мініметрами;
- г) скобами.

За якими дефектами вибраковують колінчаті вали?

- а) обломами і тріщинами;
- б) згинанням вала;
- в) зносом шатунних шийок;
- г) зносом корінних шийок.

З якої перевірки починають контроль розподільного вала?

- а) наявності тріщин і відколів кулачків;
- б) радіального биття середніх опорних шийок щодо передньої і задньої опорних шийок;
- в) зносу шийки під шестерні;
- г) зносу циліндричної частини кулачків.

При наявності яких дефектів вибраковуються шатуни?

- а) різноманітних тріщин, а також скривлення, непридатного до правки;
- б) згинання й закручення стрижня;
- в) забоїн або спрацювання на площинах прилягання головок шатунних болтів та гайок;
- г) спрацювання нижньої головки шатуна й кришок по ширині.

Як називають час, протягом якого відбувається зміна форми, розмірів і властивостей виробу в результаті яких-небудь дій?

- а) основним (технологічним);
- б) підготовчо-завершальним;
- в) оперативним;
- г) допоміжним.

Який час називається додатковим?

- а) необхідний на організаційно-технічне обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби робітника;
- б) що витрачається на ознайомлення з дорученою роботою, підготовку до цієї роботи і виконання дій, пов'язаних з її закінченням;
- в) необхідний на організаційно-технічне обслуговування робочого місця;
- г) що витрачається на дії, пов'язані із забезпеченням виконання основних робіт (установку і зняття виробу, технологічний перехід, контрольні вимірювання).

Який час називається допоміжним?

- а) що витрачається на дії, пов'язані із забезпеченням виконання основних робіт (установку і зняття виробу, технологічний перехід, контрольні вимірювання);
- б) що витрачається на ознайомлення з дорученою роботою, підготовку до цієї роботи і виконання дій, пов'язаних з її закінченням;
- в) необхідний на організаційно-технічне обслуговування робочого місця;
- г) необхідний на відпочинок та особисті потреби робітника.

Які дефекти колінчатого вала усуваються пластичною деформацією (правкою)?

- а) биття;
- б) тріщини;
- в) знос;
- г) корозія.

Якими можуть бути нові розміри при обробці деталей під ремонтні розміри?

- а) більше або менше номінальних розмірів;
- б) більше номінальних розмірів;
- в) менше номінальних розмірів;
- г) рівні номінальним розмірам.

В яких межах повинні бути овальність та конусоподібність після хонінгування гільзи?

- а) 0,02...0,03 мм;
- б) 0,02...0,04 мм;
- в) 0,03...0,04 мм;
- г) 0,03...0,05 мм.

Яким чином найчастіше усувають дефекти блоку циліндрів?

- а) розточуванням на найближчий ремонтний розмір з подальшим хонінгуванням або попередньою установкою додаткової ремонтної деталі, запресуванням двох пластин;
- б) розточуванням на найближчий ремонтний розмір;
- в) установкою додаткової ремонтної деталі;
- г) хонінгуванням.

Як називається операція підбору деталей і вузлів?

- а) комплектування;
- б) дефектування;
- в) припрацювання;
- г) підгонка.

Якою системою забезпечується взаємозамінність деталей?

- а) допусків;
- б) припусків;
- в) напусків;
- г) допусків і припусків.

Які пари деталей автомобілів комплектують селективним способом?

- а) поршні з циліндрами;
- б) гайки та різьби валів;
- в) деталі плунжерних пар паливного насоса;
- г) кришки шатунів із шатунами.

За якими параметрами комплектують гільзи циліндрів і поршні дизелів при ремонті циліндро-поршневої групи?

- а) зазором між поршнем та гільзою;
- б) масою;
- в) розмірами та масою;
- г) зазором та масою.

За якими параметрами комплектують компресійні і маслоз'ємні кільця?

- а) розміром гільз та канавок поршнів;
- б) масою;
- в) пружністю;
- г) розміром гільз.

Які основні вимоги до складання різьбових з'єднань у процесі капітального ремонту двигунів?

- а) послідовність затягування гайок (болтів);
- б) статичне балансування;
- в) встановлення положень за мітками;
- г) динамічне балансування.

З якою різницею у масі (не більше) добирають у комплект шатуни у складальному вигляді при комплектуванні шатунно-поршневої групи?

- а) 0...30 г;
- б) 30...60 г;
- в) 60...90 г;
- г) 90...120 г.

Яке основне завдання комплектування деталей автомобіля?

- а) забезпечення правильного характеру спряжень деталей;
- б) виявлення деталей, які підлягають ремонту;

- в) виявлення деталей, які підлягають вибракуванню;
- г) виявлення деталей, які не підлягають ремонту та можуть бути дозволені до подальшої експлуатації.

Який варіант відновлення відноситься до методу відновлення в тіло?

- а) процес розточування з подальшим хонінгуванням;
- б) пластична деформація за рахунок використання пластичних властивостей металу деталі;
- в) гальванічне осадження шару металу на поверхню деталі;
- г) металізація напиленням на поверхню деталі розплавленого металу.

Які деталі піддають статичному балансуванню?

- а) маховики;
- б) колінчаті вали;
- в) карданні вали;
- г) колінчатий вал в зборі з маховиком та зчепленням.

Від яких чинників залежить точність динамічного балансування?

- а) швидкості обертання вузлів і деталей, конструкції і призначення вузлів і деталей, допустимої вібрації вузлів і деталей при роботі;
- б) швидкості обертання вузлів і деталей, допустимої вібрації вузлів і деталей при роботі;
- в) швидкості обертання вузлів і деталей, конструкції і призначення вузлів і деталей;
- г) конструкції і призначення вузлів і деталей, допустимої вібрації вузлів і деталей при роботі.

Яка вірна послідовність операцій?

- а) складання автомобіля, випробування автомобіля, усунення дефектів, фарбування автомобіля;
- б) усунення дефектів, складання автомобіля, випробування автомобіля, фарбування автомобіля;
- в) складання автомобіля, усунення дефектів, випробування автомобіля, фарбування автомобіля;
- г) складання автомобіля, усунення дефектів, фарбування автомобіля, випробування автомобіля.

9 ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Оцінюванню підлягають реальні результати навчання здобувача вищої освіти, що відображають досягнутий ним рівень компетентності відносно очікуваних [52].

Критерій оцінювання навчальних досягнень реалізується в нормах оцінок, які встановлюють співвідношення між вимогами Національної рамки кваліфікацій (НРК) України та досягнутим рівнем здобувача вищої освіти.

Оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти НТУ «Дніпровська політехніка» здійснюється за рейтинговою (100-бальною) та інституційною шкалами (табл. 9.1).

Таблиця 9.1 – Шкали оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти НТУ «Дніпровська політехніка»

Рейтингова	Інституційна
90...100	відмінно / Excellent
74...89	добре / Good
60...73	задовільно / Satisfactory
0...59	незадовільно / Fail

Кредити навчальної дисципліни зараховуються, якщо здобувач вищої освіти отримав підсумкову оцінку не менше 60-ти балів. Нижча оцінка вважається академічною заборгованістю, що підлягає ліквідації.

Індивідуальні завдання оцінюються експертно за допомогою критеріїв, що характеризують співвідношення вимог до рівня компетентностей і показників оцінки за рейтинговою шкалою.

Зміст критеріїв спирається на компетентнісні характеристики, визначені НРК для бакалаврського рівня вищої освіти (табл. 9.2).

Таблиця 9.2 – Розподіл балів при оцінюванні навчальних досягнень здобувачів вищої освіти для 6-го кваліфікаційного рівня за НРК

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
Знання		
· концептуальні наукові та практичні знання, критичне осмислення теорій, принципів,	Відповідь відмінна – правильна, обґрунтована, осмислена. Характеризує наявність: - концептуальних знань; - високого ступеню володіння станом питання;	95-100

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
методів і понять у сфері професійної діяльності та/або навчання	- критичного осмислення основних теорій, принципів, методів і понять у навчанні та професійній діяльності	
	Відповідь містить негрубі помилки або описки	90-94
	Відповідь правильна, але має певні неточності	85-89
	Відповідь правильна, але має певні неточності й недостатньо обґрунтована	80-84
	Відповідь правильна, але має певні неточності, недостатньо обґрунтована та осмислена	74-79
	Відповідь фрагментарна	70-73
	Відповідь демонструє нечіткі уявлення про об'єкт вивчення	65-69
	Рівень знань мінімально задовільний	60-64
Рівень знань незадовільний	<60	
Уміння/навички		
· поглиблені когнітивні та практичні уміння/навички, майстерність та інноваційність на рівні, необхідному для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем у сфері професійної діяльності або навчання	Відповідь характеризує уміння: - виявляти проблеми; - формулювати гіпотези; - розв'язувати проблеми; - обирати адекватні методи та інструментальні засоби; - збирати та логічно й зрозуміло інтерпретувати інформацію; - використовувати інноваційні підходи до розв'язання завдання	95-100
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності з негрубими помилками	90-94
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації однієї вимоги	85-89
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації двох вимог	80-84

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації трьох вимог	74-79
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації чотирьох вимог	70-73
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності при виконанні завдань за зразком	65-69
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання при виконанні завдань за зразком, але з неточностями	60-64
	рівень умінь/навичок незадовільний	<60
Комунікація		
<ul style="list-style-type: none"> · донесення до фахівців і нефахівців інформації, ідей, проблем, рішень, власного досвіду та аргументації; · збір, інтерпретація та застосування даних; · спілкування з професійних питань, у тому числі іноземною мовою, усно та письмово 	<p>Вільне володіння проблематикою галузі. Зрозумілість відповіді (доповіді). Мова:</p> <ul style="list-style-type: none"> - правильна; - чиста; - ясна; - точна; - логічна; - виразна; - лаконічна. <p>Комунікаційна стратегія:</p> <ul style="list-style-type: none"> - послідовний і несуперечливий розвиток думки; - наявність логічних власних суджень; - доречна аргументації та її відповідність відстоюваним положенням; - правильна структура відповіді (доповіді); - правильність відповідей на запитання; - доречна техніка відповідей на запитання; - здатність робити висновки та формулювати пропозиції 	95-100
	<p>Достатнє володіння проблематикою галузі з незначними хибами.</p> <p>Достатня зрозумілість відповіді (доповіді) з незначними хибами.</p>	90-94

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
	Доречна комунікаційна стратегія з незначними хибами	
	Добре володіння проблематикою галузі. Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано три вимоги)	85-89
	Добре володіння проблематикою галузі. Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано чотири вимоги)	80-84
	Добре володіння проблематикою галузі. Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано п'ять вимог)	74-79
	Задовільне володіння проблематикою галузі. Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано сім вимог)	70-73
	Часткове володіння проблематикою галузі. Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та комунікаційна стратегія з хибами (сумарно не реалізовано дев'ять вимог)	65-69
	Фрагментарне володіння проблематикою галузі. Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та комунікаційна стратегія з хибами (сумарно не реалізовано 10 вимог)	60-64
	Рівень комунікації незадовільний	<60
<i>Відповідальність і автономія</i>		
<ul style="list-style-type: none"> · управління складною технічною або професійною діяльністю чи проектами; · спроможність нести відповідальність за вироблення та ухвалення рішень 	<p>Відмінне володіння компетенціями менеджменту особистості, орієнтованих на:</p> <p>1) управління комплексними проектами, що передбачає:</p> <ul style="list-style-type: none"> - дослідницький характер навчальної діяльності, позначена вмінням самостійно оцінювати різноманітні життєві ситуації, явища, факти, виявляти і відстоювати особисту позицію; - здатність до роботи в команді; - контроль власних дій; 	95-100

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
<p>у непередбачуваних робочих та/або навчальних контекстах;</p> <ul style="list-style-type: none"> · формування суджень, що враховують соціальні, наукові та етичні аспекти; · організація та керівництво професійним розвитком осіб та груп; · здатність продовжувати навчання із значним ступенем автономії 	<p>2) відповідальність за прийняття рішень в непередбачуваних умовах, що включає:</p> <ul style="list-style-type: none"> - обґрунтування власних рішень положеннями нормативної бази галузевого та державного рівнів; - самостійність під час виконання поставлених завдань; - ініціативу в обговоренні проблем; - відповідальність за взаємовідносини; <p>3) відповідальність за професійний розвиток окремих осіб та/або груп осіб, що передбачає:</p> <ul style="list-style-type: none"> - використання професійно-орієнтованих навичок; - використання доказів із самостійною і правильною аргументацією; - володіння всіма видами навчальної діяльності; <p>4) здатність до подальшого навчання з високим рівнем автономності, що передбачає:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ступінь володіння фундаментальними знаннями; - самостійність оцінних суджень; - високий рівень сформованості загальнонавчальних умінь і навичок; - самостійний пошук та аналіз джерел інформації 	
	Упевнене володіння компетенціями менеджменту особистості (не реалізовано дві вимоги)	90-94
	Добре володіння компетенціями менеджменту особистості (не реалізовано три вимоги)	85-89
	Добре володіння компетенціями менеджменту особистості (не реалізовано чотири вимоги)	80-84
	Добре володіння компетенціями менеджменту особистості (не реалізовано шість вимог)	74-79

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
	Задовільне володіння компетенціями менеджменту особистості (не реалізовано сім вимог)	70-73
	Задовільне володіння компетенціями менеджменту особистості (не реалізовано вісім вимог)	65-69
	Рівень відповідальності і автономії фрагментарний	60-64
	Рівень відповідальності і автономії незадовільний	<60

СЛОВНИК ТЕРМІНІВ

Автомобільний транспорт – галузь транспорту, яка забезпечує задоволення потреб населення та суспільного виробництва у перевезеннях пасажирів та вантажів автомобільними транспортними засобами.

Автомобільна промисловість (автомобілебудування) – це галузь транспортного машинобудування, яка виробляє моторизовані нерейкові транспортні засоби: легкові й вантажні автомобілі, автобуси, мотоцикли, тролейбуси, причепа, мопеди, спеціальну та військову автомобільну техніку; запчастини та комплектуючі для автомобілів, мотоциклів, мопедів тощо.

Базова деталь (або базова складальна одиниця) – деталь (або складальна одиниця), з якої починають складання виробу, приєднуючи до неї інші деталі або складальні одиниці.

Безвідмовність – властивість автомобіля безупинно зберігати працездатний стан на заданому пробігу (гарантований пробіг, пробіг до чергового технічного обслуговування) або на протязі встановленого проміжку часу (гарантований період, час зберігання або транспортування).

Вимірювання – відображення фізичних величин їх значеннями, за допомогою експерименту та обчислень із застосуванням спеціальних технічних засобів, дія, спрямована на знаходження значення фізичної величини експериментальним шляхом, порівнюючи її з одиницею вимірювання за допомогою засобів вимірювальної техніки.

Виріб – будь-який предмет або набір предметів виробництва, який необхідно виготовляти на підприємстві. Установлюються наступні види виробів:

– **деталь** – виріб, який виготовлений на даному підприємстві з однорідного матеріалу, без застосування складальних операцій (вал, гвинт, кришка та ін.);

– **комплекс** – два і більше специфікованих вироби, не з'єднаних на підприємстві-виробнику складальними операціями, але призначених для виконання взаємозалежних експлуатаційних функцій (у комплекс, крім виробів, що виконують основні функції, можуть входити деталі, складальні одиниці й комплекти, призначені для виконання допоміжних функцій);

– **комплект** – два і більше вироби, не з'єднаних на підприємстві-виробнику складальними операціями, які представляють набір виробів, що мають загальне експлуатаційне призначення допоміжного характеру (наприклад, комплект запасних частин, комплект інструменту та ін.);

– **складальна одиниця (вузол)** – виріб, складові частини якого необхідно з'єднувати між собою на підприємстві-виробнику складальними операціями (згвинчуванням, клепаанням, зварюванням, паянням, опресуванням, розвальцюванням, склеюванням, зшиванням, укладанням тощо), наприклад: верстат, автомобіль, редуктор та ін.

Виробничий процес – це сукупність взаємозв'язаних процесів праці і природних процесів, в результаті яких вихідні матеріали перетворюються в готову продукцію. Розрізняють такі види виробничих процесів:

– **допоміжні** – передбачають виготовлення продукції, яка, як правило, використовується самим підприємством для забезпечення функціонування основного виробництва (процеси виготовлення, ремонту, відновлення технологічного оснащення; ремонт основних фондів; виробництво та розподіл енергії (електроенергії, пари, води, стисненого повітря та ін.); виготовлення тари;

– **обслуговуючі** – забезпечують функціонування основних та допоміжних процесів (транспортні та складські послуги, лабораторні дослідження, аналіз матеріалів, технічний контроль та ін.);

– **основні** – процеси безпосереднього виготовлення продукції, яка складає програму випуску і відповідає спеціалізації підприємства.

Виробничий цикл – календарний час, що потрібний для здійснення періодично повторюваного виробничого процесу.

Відомість комплексу запасних частин, інструментів і приладдя – документ, що містить номенклатуру, призначення, кількість і місця укладання запасних частин, інструментів, приладдя та матеріалів, які витрачаються за термін служби виробу.

Відмова – подія, яка полягає у втраті об'єктом здатності виконувати потрібну функцію, тобто у порушенні працездатного стану об'єкта, що настає при досягненні граничного стану.

Втомленість матеріалу – процес ослаблення матеріалу в результаті поступового накопичення ушкоджень під дією змінних (часто циклічних) напружень через зміну його властивостей та утворення й розвиток тріщин, що за певний час обумовлює його руйнування.

Вуглецеві сталі – сталі, в яких основним легуючим елементом є вуглець.

Вузол – елемент конструкції, складальна одиниця, яка може складатися окремо від інших складових частин машини/механізму та яка може виконувати певні функції у виробі одного призначення тільки спільно з іншими складовими частинами. Вузол, залежно від конструкції, може складатися з окремих деталей або складальних одиниць і деталей.

Гарантійний ремонт – комплекс операцій із відновлення справності працездатності ТЗ та/або його складових частин, які спричинені недоліками, протягом гарантійного терміну експлуатації ТЗ. У цьому випадку використовують виключно ті матеріали та запасні частини, що рекомендовані виробником.

Граничний стан – стан об'єкта, за якого його подальша експлуатація неприпустима чи відновлення його до справного (роботоздатного) стану

неможливе або недоцільне. Граничний стан технічного об'єкта оцінюється за двома принциповими критеріями:

- **граничний стан за несучою здатністю** – здатність об'єкта зберігати під час навантажування стан, що відповідає його функціональному призначенню;
- **граничний стан за експлуатацією** – досягнення граничного стану об'єкта визначають з врахуванням його конструктивних особливостей, режиму експлуатації та сфери використання.

Граничні розміри – два гранично допустимих розміри (найбільший і найменший), між якими має розташовуватись дійсний розмір деталі. На кресленні деталі або з'єднанні проставляють номінальні розміри, а кожний з двох граничних розмірів визначають за його відхиленнями від номінального.

Деталь машини – виріб, виготовлений з однорідного за найменуванням і маркою матеріалу без використання складальних операцій (колінчатий вал, шатун, поршень та ін.); складова частина механізму, машини, приладу.

Дефект – будь-яка невідповідність виробу встановленим до нього вимогам; відхилення якості, форми чи фактичних розмірів елементів та конструкцій від вимог нормативно-технічної чи проектно-конструкторської документації, що виникає при проектуванні, виготовленні, транспортуванні та монтажі. За наслідками, дефекти поділяють наступним чином:

- **виробничі** – дефекти, поява яких обумовлена невідповідністю вимогам документації на виготовлення (ремонт) чи поставку виробу;
- **внутрішні** – дефекти, які виявляють спеціальними методами контролю (тріщини від втомленості, дислокації, тріщини термічної втомленості та ін.);
- **експлуатаційні** – дефекти, поява яких обумовлена експлуатацією;
- **значні** – дефекти, що суттєво впливають на використання деталей за призначенням і (або) на їх довговічність, але не є критичними;
- **зовнішні (явні)** – дефекти, які визначають візуально або передбаченими у нормативно-технічній документації методами і засобами вимірювання (деформація, полумки, зміна геометричної форми і розмірів та ін.);
- **конструктивні** – дефекти, поява яких обумовлена невідповідністю вимогам технологічного завдання або встановлених правил розробки (модернізації) деталі (неправильне визначення розмірів деталі, режиму термічної обробки та ін.);
- **критичні** – дефекти, при наявності яких використання деталей за призначенням практично неможливо або заборонено відповідно до вимог техніки безпеки;
- **малозначні** – дефекти, які істотно не впливають на використання деталей за призначенням та їх довговічність;
- **непоправні** – дефекти, усунення яких технічно неможливе або економічно недоцільне;
- **поправні** – дефекти, усунення яких технічно можливе та економічно доцільне.

Дефектування – визначення технічного стану деталей та сортування на відповідні групи (придатні для подальшого використання; придатні тільки в сполученнях з новими і відремонтованими до номінальних розмірів деталями; підлягаючі відновленню на даному підприємстві; підлягаючі відновленню на спеціалізованих підприємствах; непридатні (відбраковані)).

Деформація – зміна розмірів і форми твердого тіла під дією зовнішніх сил (навантажень) або інших впливів (температури, електричних чи магнітних полів).

Довговічність – властивість виробу, зокрема ТЗ і його складових частин, зберігати працездатність до досягнення граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту. При досягненні граничного стану, експлуатацію ТЗ потрібно призупинити через характер невіправного порушення вимог безпеки чи значних витрат.

Допоміжний хід – закінчена частина технологічного переходу, що пов'язана з переміщенням інструмента відносно заготовки без будь-яких змін її форми, розмірів, шорсткості або властивостей, але необхідного для підготовки робочого ходу.

Допуск – різниця між найбільшим і найменшим граничними значеннями (розмірів, маси), яка задається на геометричні розміри деталей, механічні та фізичні властивості. Призначається, виходячи з технологічної точності чи вимог до виробу (продукту). Будь-яке значення параметра, яке знаходиться в заданому інтервалі, є допустимим.

Допуск розміру – характер розсіювання дійсних розмірів в межах від найбільшого до найменшого гранично допустимих розмірів, визначає величину офіційно дозволеної похибки дійсного розміру елемента деталі в процесі його виготовлення. Допуск розміру завжди є додатним за величиною, і регламентується системою допусків і посадок.

Допустимі напруження – найбільше напруження, при якому гарантуються міцність конструкції та її працездатність при заданих умовах.

Дорожній транспортний засіб – транспортний засіб (ТЗ), призначений для експлуатації переважно на автомобільних дорогах загального користування усіх категорій і конструйований згідно з їхніми нормами.

Експлуатаційна надійність роботи машини – здатність машини зберігати працездатність у споживача при використанні за призначенням протягом певного проміжку часу, тобто виконувати свої функції без вимушених зупинок з технічних причин (через поломки елемента, внаслідок досягнення граничного стану тощо).

Експлуатаційне пошкодження виробів – пошкодження виробів, що утворилося внаслідок експлуатації ТЗ й обумовлене його експлуатаційним зносом та умовами експлуатації. До таких пошкоджень належать прості

деформації складових частин кузова, кабіни, що легко піддаються ремонту та розташовані у легкодоступних місцях, які виникли в процесі експлуатації ТЗ, незначне пошкодження лакофарбного покриття на лицьових поверхах кузова.

Експлуатаційний життєвий цикл ТЗ (його складника) – сукупність процесів застосування за призначенням, підтримування працездатності, енергоефективності, безпечності технічного стану ТЗ (його складника) для людей та довкілля, а також систематичного передавання на утилізацію швидкозношуваних складників використаного ресурсу у період від введення ТЗ в технічну експлуатацію до передачі його на утилізацію.

Експлуатаційні рідини – моторні та трансмісійні оливи, робочі рідини гальмових систем, зчеплення, гідравлічних систем спеціального устаткування, робоче тіло системи охолодження двигуна, системи опалення і кондиціонування пасажирського салону, електроліт акумуляторних батарей, рідини омивачів скла та ін.

Життєвий цикл виробу – сукупність часу виготовлення, експлуатації та утилізації виробу від початку дослідження можливості його створення до закінчення застосування.

Жорсткість – здатність конструкції та її елементів чинити опір деформації (зміна форми і/або розмірів) від прикладених зовнішніх навантажень уздовж обраного напрямку у заданій системі координат.

Загальний припуск – сума проміжних припусків по всьому технологічному маршруту механічної обробки даної поверхні; визначається як різниця розмірів заготовки та готової деталі.

Зварюваність – технологічна властивість матеріалу утворювати нерознімне рівномірне з'єднання.

Зношування – процес руйнування та відокремлення матеріалу від поверхні твердого об'єкта та/чи нагромадження в ньому залишкових деформацій під час тертя, який виявляється у поступовій зміні розмірів і/або форм об'єкта. Розрізняють такі види зношування:

- **абразивне** – зношування матеріалу в результаті різальної дії твердих тіл або часток, що знаходяться в закріпленому або вільному стані;
- **адгезійне** – зношування внаслідок локального з'єднання двох твердих третьових тил та глибинного виривання матеріалу з їхніх поверхневих шарів;
- **газоерозійне** – зношування під впливом швидкісного потоку газу або пари, наприклад, пошкодження фасок клапанів газорозподільчого механізму двигуна;
- **гідроабразивне (газоабразивне)** – зношування в результаті впливу твердих тіл або частинок, захоплюваних потоком рідини (газу);
- **гідроерозійне** – зношування в результаті дії потоку рідини або газу;
- **електрокорозійне** – зношування, яке відбувається при проходженні через контакт третьових поверхонь електричного струму;

– **кавітаційне** – зношування при русі твердого тіла відносно рідини, при якому бульбашки газу захоплюються поблизу поверхні, що створює місцевий високий ударний тиск або високу температуру;

– **корозійно-механічне** – зношування в умовах одночасного вилливу механічних навантажень та агресивних середовищ;

– **механічне** – зношування в результаті механічних впливів: всі види абразивного зношування, ерозійне та кавітаційне зношування;

– **окислювальне** – зношування при наявності на поверхнях тертя захисних плівок, що утворилися в результаті взаємодії матеріалу з окислювальним середовищем;

– **зношування при припрацьовуванні** – стабілізація режимів тертя та зношування; при цьому змінюється мікрогеометрія поверхонь (від нерівноважної шорсткості до рівноважної); відбувається більш рівномірний розподіл навантаження по контурним площам контакту; відбувається трансформація пластичних деформацій в пружні;

– **зношування при схоплюванні** – проявляється за відсутності змащувальних плівок і поверхневих структур, які локалізують лінії пластичної течії в тонких поверхневих шарах; при цьому площини максимальних напружень розповсюджуються в більш глибокі від поверхні контакту шари і суттєво збільшують об'єм деформованого матеріалу. Частина відділеного матеріалу налипає на поверхню спряженої деталі; якщо сила зсуву досягає рівня рушійних сил, то відносний рух деталей припиняється; відбувається задирка спряженої пари; такий вид зношування є катастрофічним, приводить до швидкого виходу зі строю вузла тертя;

– **зношування при фретінгу** – механічне зношування тіл при відносному коливальному мікрозміщенню;

– **зношування при фретінг-корозії** – корозійно-механічне зношування контактних тіл при малих коливальних переміщеннях – наприклад, на цапфах хрестовин карданного вала;

– **втомлене зношування (пітінг)** – зношування поверхні тертя у результаті повторного деформування мікрооб'ємів матеріалу, що приводить до виникнення тріщин і відділення частинок матеріалу (наприклад, на поверхні доріжок кочення обойм кульок підшипників кочення).

Капітальний ремонт – ремонт, який виконується для відновлення справності та повного або близького до повного відновлення ресурсу виробу із заміною чи відновленням будь-яких частин, у тому числі базових.

Каталог деталей і складальних одиниць – документ, що містить перелік деталей і складальних одиниць виробу з ілюстраціями і відомості про їх кількість, розташування у виробі, взаємозамінності, конструктивні особливості і матеріали.

Комплект запасних частин виробів – запасні частини, необхідні для ТО та ремонту виробів, укомплектовані залежно від призначення та умов використання.

Композиційні матеріали – матеріали, які складаються з двох і більше різнорідних матеріалів, між якими існує чітка межа (матеріали нерозчинні) і які мають властивості, що відрізняються від властивостей складників.

Контроль технічного стану виробів – перевірка відповідності значень параметрів виробів вимогам технічної документації та визначення на цій основі одного із заданих видів технічного стану в даний момент.

Конструкторська підготовка виробництва – розробка конструкції виробу й створення креслень загального складання виробу, складальних елементів та окремих деталей, що запускаються у виробництво, з оформленням відповідних специфікацій та інших видів конструкторської документації.

Конструкційні матеріали – матеріали, з яких виготовляють деталі конструкцій (машин і споруд). Основними критеріями якості конструкційних матеріалів є параметри опору до зовнішніх навантажень: міцність, ударна в'язкість, витривалість, довговічність тощо. Конструкційні матеріали поділяють наступним чином:

- **за природою матеріалів** – металеві, неметалеві, композиційні матеріали;
- **за технологічними особливостями переробки** – деформовані (прокат, поковки, штамповки, пресовані профілі тощо), ливарні, формовані, клеєні, зварювальні;
- **за умовами роботи** – матеріали, що працюють при низьких температурах, жароміцні, корозійностійкі, зносостійкі, стійкі до паливно-мастильних матеріалів;
- **за критеріями міцності** – матеріали малої і середньої міцності з великим запасом пластичності, високоміцні з помірним запасом пластичності.

Концентрація напружень – місцеве збільшення напружень у твердому тілі у місцях різкої зміни форми або порушень суцільності матеріалу.

Координаційне число – кількість атомів (іонів, молекул), найближчих до даного атома (іона, молекули). Координаційне число визначається природою і формою структурних частинок, характером і спрямованістю їх взаємодій, умовою мінімуму енергії системи.

Корозія – руйнування металу під дією зовнішнього середовища унаслідок хімічної або електрохімічної взаємодії з навколишнім середовищем. Різновиди корозії:

- **атмосферна** – різновид електрохімічної корозії, процес руйнування металів в умовах земної атмосфери та внаслідок дії вологих газів; її характерною особливістю є те, що вона відбувається не в об'ємі електроліту, а в тонких плівках;

- **біокорозія** – корозія металів під впливом життєдіяльності мікроорганізмів;
- **електрохімічна** – процес взаємодії металів з водними розчинами електролітами, рідше з неводними електролітами, наприклад, з деякими органічними електропровідними сполуками або безводними розплавами солей при підвищених температурах;
- **контактна** – електрохімічна корозія, спричинена контактом металів, що мають різні стаціонарні потенціали в даному електроліті;
- **місцева** – корозія, що зосереджена на окремих ділянках металу і проявляється плямами, виразками, пітінгами;
- **рідинна** – корозія металів в рідкому середовищі (в електроліті – воді, розчинах солей, кислот, лугів) або в неелектроліті (нафті, бензині, розплавленій сірці тощо);
- **структурна** – корозія, пов'язана із структурною неоднорідністю метала;
- **суцільна (рівномірна)** – рівномірний розподіл корозійних руйнувань по всій поверхні металу;
- **фретінг-корозія** – корозія металів при коливальному переміщенні двох поверхонь – одна відносно одної в умовах дії корозійного середовища;
- **хімічна** – взаємодія металевої поверхні з навколишнім середовищем по механізму хімічних гетерогенних реакцій, тобто коли атом металу з валентними електронами, що знаходяться в його сфері, безпосередньо взаємодіє з молекулою реагенту; продукти взаємодії при цьому не розділені;
- **щілинна** – посилення корозії в щілинах і зазорах між металами (наприклад, в різьбових і фланцевих з'єднаннях сталевих конструкцій, що знаходяться у воді), а також в місцях нещільного контакту металу з неметалічним корозійно-інертним матеріалом.

Кривошип – ланка кривошипного механізму, яка повертається на 360° навколо нерухомої осі. Як правило, виступає в ролі ведучої ланки важільних і зубчато-важільних механізмів.

Крихке руйнування – руйнування при незначній, як правило, пружній деформації, коли повне руйнування реалізується за рахунок потенційної енергії, накопиченої до моменту початку руйнування без додаткового збільшення навантаження або за рахунок зовнішнього навантаження.

Крихкість – властивість матеріалу руйнуватися без помітної пластичної деформації.

Латунь – подвійний або багатокомпонентний сплав на основі міді з цинком, з додаванням нікелю, свинцю, марганцю, заліза та інших елементів.

Людино-година – одиниця вимірювання роботи у часі, еквівалентна роботі однієї людини за нормальної інтенсивності праці впродовж години.

Матеріально-технічне забезпечення ремонту виробів – забезпечення ремонту виробів, яким передбачається створення, зберігання, раціональне

витрачання, поповнення до встановлених норм запасів засобів експлуатації / ремонту і джерел енергії, необхідних для експлуатації/ремонту виробів в заданих умовах.

Мащення – дія мастильного матеріалу, яка зменшує сили тертя і/або зношення. Розрізняють такі види мащення:

– **газове** – мащення, при якому розділ поверхонь тертя деталей, які знаходяться у відносному русі, здійснюється газовим мастильним матеріалом;

– **газодинамічне** – газове мащення, при якому повне розділення поверхонь тертя здійснюється в результаті тиску, що виникає в шарі газу внаслідок відносного руху поверхонь;

– **газостатичне** – газове мащення, при якому повне розділення поверхонь деталей, що знаходяться у відносному русі або спокої, здійснюється газом, який надходить в зазор між поверхнями під зовнішнім тиском;

– **гідродинамічне** – рідинне мащення, при якому повне розділення поверхонь тертя здійснюється внаслідок тиску, що виникає в шарі рідини при відносному русі цих поверхонь;

– **гідростатичне** – рідинне мащення, при якому повне розділення поверхонь тертя деталей, що знаходяться у відносному русі або спокої, здійснюється рідиною, що надходить під зовнішнім тиском в зазор між цими поверхнями;

– **граничне** – мащення, при якому тертя визначається властивостями тонкого шару компонентів рідинного мастильного матеріалу, яке відрізняється від властивостей того ж мастильного матеріалу в об'ємі і зумовленими взаємодією матеріалу поверхонь тертя, мастильного матеріалу і середовища;

– **рідинне** – мащення, при якому поділ поверхонь тертя деталей, що знаходяться у відносному русі, здійснюється рідким мастильним матеріалом.

Межа витривалості – максимальне напруження, при якому відсутнє руйнування при базовій ($N=2 \cdot 10^6$) кількості циклів.

Межа міцності – показник міцності матеріалу, умовне механічне напруження, що відповідає найбільшому зусиллю, яке досягається в процесі деформування зразка матеріалу, досягнутому до поділу зразка на частини, і яке відповідає максимуму на діаграмі деформування.

Метали – кристалічні тіла, що характеризуються високими електро- і теплопровідністю та іншими властивостями.

Метод групової взаємозамінності – метод, при якому потрібна точність замикаючої ланки розмірного ланцюга досягається шляхом включення в розмірний ланцюг складових ланок, що належать до однієї з груп, на які вони попередньо розсортовані.

Метод контролю інструментальний – перевірка технічного стану ТЗ визначеними методами з використанням випробувального устаткування та (або) засобів вимірювальної техніки.

Метод контролю органолептичний – перевірка технічного стану контрольованого об'єкта (наприклад, ТЗ) органами відчуття кваліфікованим фахівцем із застосуванням у разі потреби інформації за показаннями засобів сигналізації (індикації), які вмонтовані в ТЗ, без застосування засобів вимірювальної техніки.

Метод неповної взаємозамінності – метод, при якому з метою зниження собівартості складання допуски на розміри складових ланок попередньо збільшують.

Метод повної взаємозамінності – метод, при якому допуск на замикальну ланку розраховується як сума допусків на розміри складових ланок.

Метод регулювання – метод, при якому задана точність розміру замикальної ланки досягається зміною розміру компенсуючої ланки (компенсатора).

Методика випробувань – організаційно-методичний документ, обов'язковий для виконання, в якому міститься опис методу, умов та засобів випробувань, правил вибору і/чи виготовлення зразків, алгоритми виконання операцій для визначення однієї чи кількох взаємозв'язаних характеристик властивостей об'єкта, форми подання даних та оцінювання точності результатів, вимоги охорони праці та охорони навколишнього середовища.

Механізм – система тіл, призначена для перетворення руху одного або кількох тіл у потрібні рухи інших тіл.

Міцність – здатність матеріалу чинити опір незворотній (пластичній, в'язкій) деформації і руйнуванню (розділенню на частини) під дією навантажень чи інших факторів (усадки, нерівномірного температурного поля тощо). Втрата міцності або перевищення її граничного значення призводить до руйнування матеріалу деталі.

Модуль пружності – величина, що характеризує пружні властивості матеріалу при малих деформаціях, дорівнює відношенню напруженості і викликаної нею пружної відносної деформації. Розрізняють модулі пружності: при осьовому розтягу-стиску (модуль Юнга або модуль нормальної (поздовжньої) пружності); при зсуві (модуль зсуву); при об'ємному стиску (модуль об'ємної пружності).

Надійність – властивість автомобіля виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників у заданих межах, що відповідають заданим режимам і умовам використання, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання й транспортування. Показники надійності – безвідмовність, збереженість, ремонтпридатність, а також довговічність виробу.

Напрацювання – тривалість або обсяг роботи виробу. Напрацювання може бути неперервною величиною (тривалість роботи в годинах, кілометрах

пробігу тощо) чи цілочисельною величиною (число робочих циклів, пусків тощо).

Напруження (механічні) – відношення величини внутрішньої сили до одиниці площі перерізу. Сукупність напружень і деформацій у локальному об'ємі тіла має назву напружено-деформованого стану.

Небезпечна невідповідність – невідповідність технічного стану ТЗ, яка характеризує наявність небезпечного для дорожнього руху недоліку, що не може бути усунений на місці перевірки, і за якого не допускається самостійний рух ТЗ.

Незначна невідповідність – невідповідність технічного стану ТЗ, що характеризується наявністю недоліку, який може бути усунений на місці перевірки, і за якого допускається можливість руху транспортного засобу.

Норми витрат запасних частин – документ, що містить номенклатури запасних частин виробу та їх кількість, що витрачається на нормовану кількість виробів за період їх експлуатації.

Об'єкт технічного контролю – продукція, процеси її створення, застосування, транспортування, технічного обслуговування і ремонту, а також відповідна технічна документація, що підлягають контролю.

Обсяг технічного обслуговування (ремонт) виробів – номенклатура операцій, тривалість їх виконання та необхідні трудові, матеріальні та фінансові витрати на технічне обслуговування (ремонт) виробів.

Окремі технічні регламенти – технічні регламенти, якими встановлюють вимоги до компонентів або характеристик ТЗ та процедури оцінювання відповідності таким вимогам.

Організаційно-економічна підготовка виробництва – календарне планування виробничого процесу виготовлення виробу в установлені терміни, в необхідних обсягах випуску та витратах.

Параметр технічного стану – фізичні величини, які визначають зв'язок і взаємодію елементів виробу та його функціонування в цілому.

Паспорт – документ, який містить відомості, що засвідчують гарантії виробника, значення основних параметрів та характеристик (властивостей) виробу, а також відомості про сертифікацію та утилізацію виробу.

Перевірка технічного стану ТЗ – процес визначення відповідності транспортного засобу вимогам, що встановлені до конструкції та технічного стану.

Перехід складальної операції – закінчена частина операції складання, що виконується над визначеною ділянкою складального з'єднання (вузла) незмінним методом виконання роботи при використанні одних і тих самих інструментів та пристроїв.

Періодичність ТО (ремонт) – інтервал часу чи напрацювання між даним видом технічного обслуговування (ремонт) і наступним таким же видом або іншим більшої складності.

Пластичність – здатність металу без руйнування незворотно змінювати свою форму й розміри (тобто пластично деформуватися) під дією механічних навантажень. Пластичність аморфних тіл визначається ймовірністю релаксаційних перегрупувань атомів і молекул, а кристалічних тіл – утворенням, переміщенням і взаємодією дефектів у кристалах.

Повзучість – процес безперервного пластичного деформування матеріалу при дії постійного навантаження, меншого за ті, що спричиняють пластичну деформацію, і постійної, як правило, високої температури.

Позиція – фіксоване положення, що займає заготовка (або складальна одиниця) разом з пристроєм відносно інструмента або нерухомої частини обладнання при виконанні частини операції.

Послідовна концентрація технологічного процесу – кількість переходів, які виконуються послідовно на верстаті.

Працездатний стан виробу – стан виробу, при якому він відповідає усім установленим для нього параметрам.

Приймання КТЗ та його складових частин (систем) – здійснюється в присутності власника чи його уповноваженого представника в такому порядку: перегляд експлуатаційної, ремонтної, технологічної документації і заявки замовника; перевірка технічного стану КТЗ, його складових частин (систем); огляд щодо зовнішніх пошкоджень і дефектів; оформлення акта передавання-приймання КТЗ, його складових частин (систем) для надання послуг з технічного обслуговування і ремонту.

Прийом – закінчена сукупність дій робітника в процесі виконання переходу, об'єднаних одним цільовим призначенням.

Прийом (елемент) складального процесу – окрема закінчена дія робітника в процесі складання або підготовки до складання виробу або вузла.

Принцип диференціації – передбачає розподіл виробничого процесу на окремі технологічні процеси, операції, переходи, рухи.

Припрацювання деталей – процес обкатування кінематичної пари, який супроводжується формуванням оптимальної для експлуатації мікро- та макрогеометрії поверхні, створенням нових фізико-механічних властивостей, які відрізняються від об'ємних, трансформацією пластичних деформацій в пружні.

Припуски на обробку – шар металу, який знімається з поверхні заготовки при її механічній обробці. Чим менший припуск, тим вища точність заготовки.

Притирання – метод абразивної обробки поверхонь деталей шліфувальними порошками чи пастами, за якого інструмент і заготовка

одночасно здійснюють відносний рух із швидкостями одного порядку, або в разі нерухомості одного з них інший здійснює складний рух. Один з поширених методів чистової обробки, який забезпечує виготовлення дуже точних розмірів і високої якості поверхні.

Прогнозування технічного стану – визначення технічного стану об'єкта із заданою вірогідністю на майбутній інтервал часу, протягом якого збережеться справний стан об'єкта, або ймовірності збереження справного стану об'єкта на заданий інтервал часу.

Проміжний припуск – шар, що знімається під час виконання цього технологічного переходу механічної обробки.

Пружність – властивість тіл відновлювати свою форму й об'єм після припинення дії зовнішніх сил (або причин, наприклад, нагрівання), що спричинили їхню деформацію.

Пункт технічного контролю – місце проведення обов'язкового технічного контролю транспортного засобу з єдиним комплексом обладнання.

Регламентований ремонт виробів – плановий ремонт, здійснюваний з періодичністю та в обсязі, встановленими в експлуатаційній документації, незалежно від технічного стану виробів на момент початку ремонту.

Ремонт – комплекс операцій щодо відновлення справності або працездатності виробів та відновлення ресурсів виробів або їх складових частин.

Ремонтопридатність – властивість конструкції, що характеризується пристосованістю до попередження і виявлення її відмови або пошкоджень та усунення їх наслідків шляхом здійснення технічного обслуговування і ремонту.

Ресурс – сумарне напрацювання виробу з початку його експлуатації чи поновлення експлуатації після ремонту певного виду до переходу в граничний стан (показник, що характеризує довговічність виробу за напрацюванням); вимірюється в одиницях виміру напрацювання.

Різьбове з'єднання – розбірне нерухоме з'єднання деталей машин за допомогою різьби, у якому одна з деталей має зовнішню різьбу, а інша – внутрішню.

Робочий хід – закінчена частина технологічного переходу, яка при одноразовому пересуванні інструмента відносно заготовки змінює її форму, розміри, шорсткість поверхні або властивості.

Роботоздатний стан (роботоздатність) – стан виробу, в якому значення усіх параметрів, які характеризують здатність виконувати задані функції, відповідають вимогам нормативно-технічної та конструкторської документації.

Роботоздатність ТЗ та його частин – стан, при якому значення параметрів, що характеризують здатність ТЗ виконувати транспортну роботу, відповідають вимогам нормативних документів.

Робоче місце – елементарна одиниця структури підприємства, де розташовані виконавці роботи, технологічне обладнання, частина конвеєра, а на обмежений час – оснастка й предмети праці.

Середній ремонт виробів – ремонт, який виконують для відновлення справного стану і часткового відновлення ресурсу із заміною чи відновленням складників обмеженої номенклатури з відповідним контролем їхнього технічного стану в обсязі, встановленому в нормативній документації, яка забезпечує використання їх за прямим призначенням.

Система технічного обслуговування та ремонту техніки – сукупність взаємопов'язаних засобів, документації технічного обслуговування і ремонту та виконавців, які потрібні для підтримування і відновлення якості виробів, що входять у цю систему.

Складова частина ТЗ – деталь, складальна одиниця або комплектувальний виріб, які відповідають вимогам конструкторської документації ТЗ або допущені для застосування в ТЗ за прямим призначенням рішенням його розробника (утримувача оригіналів конструкторської документації).

Складальна операція – це технологічна операція установки та утворення з'єднань складових частин заготовки або виробу.

Складання – це утворення рознімних та не рознімних з'єднань складових частин заготовки або виробу. Складання поділяється на:

- **остаточне** – складання виробу або його складової частини, після якого не передбачене його наступне розбирання при виготовленні;
- **попереднє** – складання заготовок, складових частин або виробу в цілому, які в подальшому підлягають розбиранню (наприклад, складання вузла з метою визначення розміру нерухомого компенсатора);
- **проміжне** – складання заготовок, що виконується для подальшої спільної обробки (наприклад, складання корпусу редуктора з кришкою для наступної обробки отворів під підшипники);
- **під зварювання** – зварювання заготовок для їх подальшого складання.

Спеціалізований ремонт виробів – ремонт виробів, який виконують за окремою чи окремими номенклатурами його складників відповідно до цільового призначення ремонтного підрозділу чи підприємства.

Сплав – тверда або рідка однорідна речовина, утворена сплавленням кількох металів або металів з неметалами; як правило, металеві сплави у твердому стані зазвичай мають кристалічну будову.

Справний стан (справність) – стан виробу, який відповідає усім вимогам нормативно-технічної та (або) конструкторської документації.

Сталі – сплави заліза з вуглецем та іншими легуючими елементами (наприклад, Si, Mn, Cu, Ni та ін.), в яких вуглецю міститься від 0,02 до 2,14 %. За змістом вуглецю та за структурою сталі поділяють наступним чином:

– **доевтектоїдні сталі**: вміст вуглецю від 0,02 % до 0,8 %, мають ферито-перлітну структуру ($\Phi+П$);

– **евтектоїдні сталі**: вміст вуглецю дорівнює 0,8 %, мають перлітну структуру ($П$) (перліт може бути пластинчастий або зернистий);

– **заевтектоїдні сталі**: вміст вуглецю від 0,8 % до 2,14 %, мають структуру – перліт та цементит вторинний ($П+Ц_{II}$), сітка цементиту розташовується навколо зерен перліту.

Стан виробу – стан, при якому об'єкт характеризується відповідними здатностями. Розрізняють стани:

– **граничний стан** – стан виробу, коли його подальше застосування за призначенням недопустиме чи недоцільне або відновлення його справного чи роботоздатного стану неможливе чи недоцільне;

– **нероботоздатний стан (нероботоздатність)** – стан виробу, при якому він нездатний виконувати хоч би одну з потрібних функцій;

– **несправний стан (несправність)** – стан виробу, не відповідний хоча б одній з вимог нормативно-технічної документації і (або) конструкторській документації (наприклад, втрата точності верстата тощо);

– **роботоздатний стан (роботоздатність)** – стан виробу, який характеризується його здатністю виконувати усі потрібні функції;

– **справний стан (справність)** – стан виробу, при якому він відповідає всім вимогам нормативно-технічної документації і (або) конструкторській документації; поняття «справність» ширше, ніж «роботоздатність»; справний виріб завжди роботоздатний.

Стійкість – якість, що дозволяє системі витримувати зміни параметрів зовнішнього середовища, відмінні від розрахункових.

Твердість – здатність матеріалу чинити опір проникненню іншого, більш твердого тіла, деформуванню та руйнуванню під дією місцевих контактних зусиль. За величиною твердості металів можна судити про їх міцнісні властивості, не роблячи статичних випробувань на розтяг.

Температура плавлення – температура переходу металу з твердого стану до рідкого.

Термін служби – календарна тривалість експлуатації автомобіля від його початку експлуатації або поновлення після ремонту певного виду до переходу в граничний стан (показник, що характеризує довговічність за календарним часом).

Тертя – опір, що виникає при відносному переміщенні двох дотичних тіл в площині їх торкання. Розрізняють такі види тертя:

- **внутрішнє** – явище опору відносно переміщення частин одного і того ж тіла;
- **тертя руху** – тертя двох тіл, що рухаються одне відносно іншого;
- **тертя кочення** – тертя руху двох дотичних твердих тіл, при якому їх швидкості в точках торкання однакові за значенням і напрямком;
- **тертя кочення і проковзування** – тертя руху двох дотичних тіл при одночасному коченні і ковзанні;
- **тертя спокою** – тертя двох тіл за відсутністю їх руху одне відносно іншого;
- **тертя ковзання** – тертя руху, під час якого швидкості тіл в точках дотику відрізняються за величиною і (або) напрямком;
- **гідродинамічне** – вид рідинного тертя, при якому шар мастильного матеріалу, що розділяє поверхні тертя, утворюється за рахунок форми і швидкості відносно переміщення цих поверхонь; характеризується малими коефіцієнтом тертя та інтенсивністю зношування матеріалів;
- **гідростатичне** – вид рідинного тертя, при якому шар мастильного матеріалу, що розділяє поверхні тертя, утворюється за рахунок зовнішнього тиску; характеризується малими коефіцієнтами тертя та інтенсивністю зношування матеріалів;
- **граничне** – тертя двох твердих тіл при наявності на поверхнях тертя шару рідини, що має властивості, відмінні від властивостей в об'ємі;
- **нестационарне** – режим роботи з короткочасними навантаженнями, при якому вузол тертя періодично поглинає кінетичну енергію протягом обмеженого часу (наприклад, для зчеплення і гальмівних пристроїв), супроводжується нестационарним температурним полем.

Технічна документація – комплект документів, що містить технічний опис ТЗ згідно із зазначеним в інформаційному документі переліком разом з необхідними кресленнями, схемами, графіками, таблицями, фотографіями.

Технічне залізо – сплави заліза з вуглецем, які вміщують вуглецю до 0,02 %.

Технічний об'єкт – предмет певного цільового призначення, який розглядається при проектуванні, виробництві, експлуатації, дослідженнях і випробуваннях на надійність. Такими є вироби, технічні системи та їх елементи (пристрої, апарати, прилади та їх частини), агрегати, складальні одиниці та окремі деталі, машини; автомобілі; трактори тощо.

Технічний стан – сукупність схильних до зміни в процесі виробництва чи експлуатації якостей виробу, яка характеризується в певний момент часу ознаками, встановленими технічною документацією на цей виріб.

Технічний стан ТЗ – сукупність схильних до зміни в процесі експлуатації властивостей і встановлених нормативними документами параметрів ТЗ, яка визначає можливості його застосування за призначенням.

Технологічна операція – закінчена частина технологічного процесу, яку виконують на одному робочому місці; визначається сукупністю робочих дій, які характеризуються однорідністю технологічного змісту та єдністю предмету праці, застосовуваних інструментів, устаткування і пристроїв. Технологічна операція є основною розрахунковою одиницею для планування завантаження устаткування, визначення продуктивності праці та нормування праці. Технологічні операції поділяють на:

- **автоматизовані** – виконуються машинами під наглядом робітника;
- **автоматичні** – виконуються без участі робітника спеціальними машинами, які управляються за попередньо розробленими програмами з використанням сучасної комп'ютерної та мікропроцесорної техніки;
- **апаратні** – виконуються в спеціальних апаратах в автоматичному або автоматизованому режимі;
- **машинні** – повністю механізовані;
- **машинно-ручні** – механізовані;
- **ручні**.

Технологічна підготовка виробництва – сукупність взаємопов'язаних процесів, що забезпечують технологічну готовність підприємств (або підприємства) до випуску виробів заданого рівня якості при установлених термінах, обсязі випуску та витратах.

Технологічне обслуговування – комплекс операцій чи операція щодо підтримки роботоздатності або справності виробу під час використання за призначенням, зберігання та транспортування.

Технологічний документ – графічний або текстовий документ, який окремо чи разом з іншими документами визначає технологічний процес чи операцію виготовлення виробу, надання послуг.

Технологічний маршрут – раціональний спосіб відновлення деталі на основі ретельного вивчення ремонтного креслення та технічних вимог.

Технологічний перехід – закінчена частина технологічної операції, що виконується одними й тими ж засобами технологічного оснащення при постійних технологічних режимах та установі.

Технологічний процес – частина виробничого процесу, яку виконують планомірно й послідовно, в результаті чого змінюється агрегатний стан чи властивості предмета праці. Технологічний процес безпосередньо пов'язаний із зміною форми, розмірів, властивостей матеріалів або напівфабрикатів з метою отримання заготовок і деталей, а також – із складанням та випробуванням готових виробів.

Технологія ремонту автомобілів – наука про проектування технологічних процесів ремонту автомобілів та ремонтних підприємств з певними техніко-економічними показниками.

Технічний ресурс (ресурс) – напрацювання автомобіля від початку експлуатації або його поновлення після ремонту певного виду до переходу в граничний стан.

Технічні умови (ТУ) – документ, в якому вказується комплекс технічних вимог до продукції, правила її приймання та поставки, методи контролю, умови експлуатації, транспортування й зберігання.

Технологічні властивості матеріалів – комплекс властивостей матеріалів, зумовлених станом, складом та структурою в процесі взаємодії речовини з технологічним середовищем (під час їх обробки).

Технологічність конструкції виробу – сукупність властивостей конструкції, які забезпечують виготовлення, ремонт та технічне обслуговування виробу за найбільш ефективною технологією порівняно з аналогічними конструкціями при однакових умовах їх виготовлення, експлуатації, при одних і тих же показниках якості. Розрізняють такі види технологічності конструкції виробів:

– **виробнича** – виявляється в скороченні засобів та часу на конструкторську підготовку виробництва (КПВ); технологічну підготовку виробництва; процеси виготовлення, в тому числі контроль та випробування; монтаж поза підприємством-виробником;

– **експлуатаційна** – виявляється в скороченні засобів та часу на конструкторську підготовку до використання виробу за призначенням, технологічне та технічне обслуговування, поточний ремонт, утилізацію;

– **ремонтна** – виявляється в скороченні засобів та часу на усі види ремонту, крім поточного.

Тип виробництва – організаційно-технічна характеристика виробничого процесу, яка визначається за ознаками широти номенклатури продукції; величини партії, складності виготовлюваної продукції.

Тип транспортного засобу – сукупність ТЗ окремої категорії, що вироблені одним суб'єктом господарювання, мають одне позначення та не відрізняються за такими істотними конструктивними ознаками, як тип шасі, тип двигуна (внутрішнього згорання, електричний, гібридний), кількість та спосіб розташування осей.

Точіння – операція обробки різанням тіл обертання за допомогою різців на верстатах токарної групи, при якому заготовка обертається (головний рух) назустріч різцю, який переміщується в горизонтальній площині в повздовжньому чи поперечному напрямках (рух подачі).

Транспортний засіб (ТЗ) – пристрій, призначений для перевезення людей і (або) вантажу, а також встановленого на ньому спеціального обладнання чи механізмів. Транспортні засоби за призначенням розрізняють:

– **загального призначення** – ТЗ, не обладнаний спеціальним устаткуванням і призначений для перевезення пасажирів або вантажів (автобус, легковий автомобіль, вантажний автомобіль, причіп, напівпричіп);

– **спеціального призначення** – ТЗ, призначений для виконання спеціальних функцій (для аварійного ремонту, автокран, пожежно-рятувальний, автобетономішалка, автомобіль-майстерня тощо);

– **спеціалізованого призначення** – ТЗ, призначений для перевезення певних категорій пасажирів чи вантажів (автобус для перевезення пасажирів певних професій, самоскид, цистерна, сідельний тягач, фургон, швидка медична допомога тощо), обладнаний спеціальними світловими та звуковими сигнальними пристроями тощо.

Тріщина – порушення суцільності матеріалу або виробу в результаті часткового відриву однієї частини від іншої. Величина розриву в тріщині на порядок і більше перевищує міжатомні відстані в кристалічній ґратці.

Трудомісткість технічного обслуговування (ремонту) – трудовитрати на проведення одного технічного обслуговування (ремонту) даного виду.

Установ – закінчена частина технологічної операції, що виконується при незмінному закріпленні заготовки або складальної одиниці.

Устаткування (обладнання) – сукупність пов'язаних між собою частин або пристроїв, з яких принаймні одне рухається, а також елементи приводу, управління та енергетичні вузли, призначені для певного застосування, наприклад, для обробки, виробництва, переміщення.

Формуляр – документ, який містить відомості, що засвідчують гарантії виробника, значення основних параметрів і характеристик виробу, відомості, що відображають технічний стан даного виробу, а також відомості, які вносять в період його експлуатації (тривалість та умови роботи, технічне обслуговування, ремонт та інші дані).

Хвилястість поверхні – це сукупність нерівностей, що періодично чергуються з відносно великим кроком, який перевищує при вимірюванні шорсткості базову довжину.

Холодні тріщини – локальні міжкристалічні руйнування металу зварних з'єднань.

Чавун – сплав заліза з вуглецем, який містить вуглець у межах 2,14...6,67 %, первинний матеріал металургійної переробки залізних руд. Чавуни поділяють наступним чином:

– **білі** – весь вуглець перебуває у зв'язаному стані – (Fe_3C , цементит); такий чавун має високу твердість і крихкість, практично не піддається обробці різанням, тому має обмежене застосування – його переробляють на сталь і називають переробним;

– **сірі** – вуглець знаходиться у вигляді графіту пластинчастої форми;

- **ковкі** – вуглець знаходиться у вигляді графіту пластівчастої форми;
- **вермикулярні** – вуглець знаходиться у вигляді графіту, форма якого є перехідною між пластинчастою та кулястою (у вигляді коротких потовщених пластин з закругленими кінцями);
- **високоміцні** – вуглець знаходиться у вигляді графіту кулястої (глобулярної) форми.

Шорсткість поверхні – характеристика нерівностей поверхонь з відносно малими кроками по базовій довжині, виражена у числових величинах, які визначають ступінь їхнього відхилення на базовій довжині від теоретично гладких поверхонь заданої геометричної форми.

Якість поверхні – стан поверхневого шару як результат дії на нього одного або послідовного комплексу технологічних методів.

Якість – сукупність властивостей, які визначають ступінь придатності автомобіля (агрегату, механізму, вузла) до виконання заданих функцій при використанні за призначенням.

ПЕРЕЛІК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Про вищу освіту : Закон України від 01.07.2014 р. № 1556-VII. Дата оновлення: 12.05.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text> (дата звернення 11.01.2024).

2. Положення про організацію освітнього процесу Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» (із змінами та доповненнями). Дніпро : НТУ «ДП», 2024. 46 с. URL: <https://surl.li/squsuy> (дата звернення: 05.05.2025).

3. Освітньо-професійна програма вищої освіти для бакалавра спеціальності 274 Автомобільний транспорт / розроб. роб. групою в складі : Бас К. М., Куваєв С. М., Кривда В. В., Олішевська В. Є., Сакно О. П., Руссавський А. А., Тимошевський А. О. Дніпро : НТУ «ДП», 2024. 30 с. URL: https://aag.nmu.org.ua/ua/%D0%9E%D0%9F%D0%9F_274_%D0%B1%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D1%80%D0%B8_2024_%D1%80%D1%96%D0%BA_%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%B3%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_17112024.pdf (дата звернення: 20.11.2024).

4. Робоча програма навчальної дисципліни «Основи технології виробництва та ремонту автомобілів» для бакалаврів освітньо-професійної програми «Автомобільний транспорт» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / розроб. Олішевська В. Є. Дніпро : НТУ «ДП», 2024. 19 с. URL: https://do.nmu.org.ua/pluginfile.php/523153/mod_resource/content/1/%D0%9E%D0%A2%D0%92%D0%A0%D0%90_%D0%A0%D0%9F_%D0%9E%D0%BB%D1%96%D1%88%D0%B5%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%9E%D0%9F%D0%9F_2024.pdf (дата звернення: 20.11.2024).

5. Щодо рекомендацій з академічної доброчесності для закладів вищої освіти : лист М-ва освіти і науки України від 23.10.2018 р. № 1/9-650. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v-650729-18#Text> (дата звернення: 20.11.2023).

6. Положення про систему запобігання та виявлення плагиату Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» (із змінами та доповненнями, затвердженими вченою радою університету від 26.03.2019). Дніпро : НТУ «ДП», 2019. 11 с. URL: https://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/us_documents/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%83%20%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D1%82%D0%B0%20%D0%B2%D0%B8%D1%8F%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%B3%D1%96%D0%B0%D1%82%D1%83.pdf (дата звернення 20.11.2023).

7. Про автомобільний транспорт : Закон України від 05.04.2001 р. № 2344-III. Дата оновлення 23.03.2023.

URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14> (дата звернення: 11.01.2024).

8. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту : затв. наказом Мінтрансу України № 102 від 30.03.98 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0268-98#Text> (дата звернення: 11.01.2024).

9. Про затвердження правил надання послуг з технічного обслуговування і ремонту колісних транспортних засобів : наказ Міністерства інфраструктури України № 615 від 28.11.2014. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1609-14> (дата звернення: 11.01.2024).

10. Пікула М. В. Термінологічний словник з основ технології виробництва та ремонту автомобілів [Електронний ресурс] : словник-довідник. Рівне : НУВГП, 2024. 63 с. URL: https://ep3.nuwm.edu.ua/28991/1/%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%9E%D0%A2%D0%92%D0%A0%D0%90.pdf (дата звернення 11.01.2024).

11. Пікула М. В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів. Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч.-метод. посіб. Рівне : НУВГП, 2024. 203 с. URL: https://ep3.nuwm.edu.ua/28916/1/%D0%9F%D1%96%D0%BA%D1%83%D0%BB%D0%B0_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%20_%D0%9E%D0%A2%D0%92%D0%A0%D0%90_14_09_23.pdf (дата звернення: 11.01.2024).

12. Основи технології виробництва і ремонту автомобілів : навч. посіб. / І. Б. Гевко, Р. М. Рогатинський, О. Л. Ляшук та ін. Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.

13. Захарчук О. В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Луцьк : Луцький НТУ, 2017. 140 с. URL: <https://cutt.ly/wwDF4Sh1> (дата звернення: 11.01.2024).

14. Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій : навч. посіб. / О. І. Сідашенко, О. І. Тіхонов, С. О. Лузан та ін. Харків : ХНТУСГ, 2017. 361 с. URL: <https://cutt.ly/RwDGws0B> (дата звернення: 20.11.2023).

15. Коваленко В. М., Щуріхін В. К. Діагностика і технологія ремонту автомобілів : підручник. Київ : Літера ЛТД, 2017. 224 с. URL: http://www.svpu-profi.lg.ua/pdf/library/diagnost_kovalenko.pdf (дата звернення: 11.01.2024).

16. Левкович М. Г., Босюк П. В., Радик М. Д. Відновлення деталей : конспект лекцій для студентів всіх форм навчання за напрямом підготовки 6.070106 «Автомобільний транспорт». Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. 118 с. URL: <https://cutt.ly/4wDF6Vei> (дата звернення: 11.01.2024).

17. Хітров І. О., Гавриш С. С. Ремонт машин і обладнання : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2012. 184 с. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/2214/1/721022%20zah.pdf> (дата звернення: 28.06.2024).

18. Ремонт автомобілів : навч. посіб. / В. Я. Чабанний, С. О. Магопець,

О. Й. Мажейка та ін. За ред. В. Я. Чабанного. Кіровоград, 2007. Кн. 1. 391 с.
URL: https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabannyi/Chabannyi_Remont_avto_kn1.pdf (дата звернення: 11.01.2024).

19. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів : організація і управління : підручник. Київ : Знання-Прес, 2004. 478 с.

20. Олішевська В. Є., Бас К. М., Кривда В. В. Конструкційні та експлуатаційні матеріали в автомобільній галузі : методичні рекомендації до практичних занять за темою «Мікроструктурний аналіз і властивості вуглецевих сталей» для студентів спеціальності 274 Автомобільний транспорт. Дніпро : НТУ «ДП», 2022. 22 с. URL: <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/161278> (дата звернення: 28.07.2024).

21. Олішевська В. Є. Конструкційні та експлуатаційні матеріали в автомобільній галузі : методичні рекомендації до виконання індивідуальних робіт для бакалаврів спеціальності 274 Автомобільний транспорт. Дніпро : НТУ «ДП», 2018. 44 с. URL: <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/152194> (дата звернення: 28.06.2024).

22. ДСТУ 8833:2019. Виливки із сірого чавуну з пластинчастим графітом. Загальні технічні умови. Чинний від 2020-01-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 11 с.

23. ДСТУ 3925-99. Чавун з кулястим графітом для виливків. Марки. З поправками (ІПС № 9-2002, ІПС № 8-2006). Чинний від 2000-07-01. Київ : Держстандарт України, 1999. 25 с.

24. ДСТУ 8429:2015. Прокат із ресорно-пружинної вуглецевої та легованої сталі. Технічні умови. Чинний від 2017-07-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 19 с.

25. ДСТУ 3833-98 (ГОСТ 1435-99). Прутки, штаби та мотки з інструментальної нелегованої сталі. Загальні технічні умови. Чинний від 2001-01-01. Київ : Держстандарт України, 2000. 58 с.

26. Митко М. В., Шиліна О. П., Цимбал С. В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів. Організація самостійної та практичної роботи : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2022. 98 с.
URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/35995> (дата звернення 23.02.2025).

27. Ковалевський С. В., Онищук С. Г. Теоретичні основи технології виробництва деталей і складання машин у важкому машинобудуванні : навч. посіб. 2-ге вид., перероб., доп. Краматорськ – Тернопіль : ДДМА, 2023. 179 с.
URL: http://www.dgma.donetsk.ua/metod/tm/bak/totvdcm/%D0%A2%D0%9E%D0%A2%D0%92%D0%94%D0%A1%D0%9C_%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA_2023.pdf (дата звернення: 20.01.2025).

28. Технологія машинобудівних підприємств : підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева, В. О. Маслова. За заг. ред. В. Л. Диканя. Харків : УкрДУЗТ, 2020. 386 с. URL: <https://cutt.ly/FwDFZ19b> (дата звернення:

20.09.2024).

29. Бивалькевич Л. М., Люлька В. С. Основи надійності і довговічності транспортних машин : навч.-метод. посіб. з практичних робіт для студ. технол. ф-ту. Чернігів : НУЧК імені Т. Г. Шевченка, 2019. 120 с.

30. Ремонт автомобілів : навч. посіб. / В. Я. Чабанний, С. О. Магопець, О. Й. Мажейка та ін. За ред. В. Я. Чабанного. Кіровоград : Центральноукраїнське вид-во, 2007. Кн. 2. 348 с. URL: https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabannyi/Chabannyi_Remont_avto_kn2.pdf (дата звернення: 11.01.2024).

31. Гасило Ю. А. Конспект лекцій з дисципліни «Основи технології відновлення деталей» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за спеціальністю 131 – Прикладна механіка за освітньо-професійною програмою «Технологія та устаткування зварювання». Кам'янське : ДДТУ, 2017. 147 с. URL: <https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/1/27/1-27-k116.pdf> (дата звернення: 20.09.2024).

32. Мартинов А. П. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Конспект лекцій для студентів всіх спеціальностей галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання. Краматорськ : ДДМА, 2019. 170 с. URL: http://www.dgma.donetsk.ua/metod/opm/2019/konspekt%20lekc_j%20VSTV.pdf (дата звернення: 20.09.2024).

33. Ялпачик Ф. Ю., Буденко С. Ф., Циб В. Г. Дефектація деталей технологічного обладнання : методичні вказівки для студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» ОКР Бакалавр. Мелітополь : ТДАТУ, 2016. 14 с. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/ophv/wp-content/uploads/sites/13/defektacija-detalej-tehnolohichnoho-obladnannja.pdf> (дата звернення: 20.09.2024).

34. Дудніков А. А., Горбенко О. В., Келемеш А. О. Технічні вимірювання : навч. посіб. для здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Технології і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» спеціальності 208 «Агроінженерія» та за освітньо-професійною програмою «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Полтава : ПДАА, 2018. 60 с. URL: <https://dspace.pdau.edu.ua/handle/123456789/8447> (дата звернення: 20.09.2024).

35. Андріюк І. Р., Олішевська В. Є., Кривда В. В. Дослідження факторів, що викликають зміну технічного стану автомобілів у процесі експлуатації. *Молодь: наука та інновації* : матеріали X міжнар. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів та молодих учених, 23–25 листопада 2022 р. Дніпро : НТУ «ДП», 2022. С. 85–86. URL: <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/162527> (дата звернення 11.01.2024).

36. Практикум з ремонту машин : навч. посіб. Том 2. Технологія ремонту машин, обладнання та їх складових частин / О. І. Сідашенко, О. В. Тіхонов, Т. С. Скобло та ін. За ред. О. І. Сідашенка, О. В. Тіхонова. Харків : Пром-Арт,

2018. 491 с. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/8108> (дата звернення: 20.09.2024).

37. Трактори і автомобілі : електрон. підруч. Ч. I. 2017. URL: https://rafk.if.ua/ebook/trakt1/3/3_2.htm (дата звернення: 20.09.2024).

38. Основи конструкції автотранспортних засобів : курс лекцій для студентів всіх форм навчання за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»/ уклад.: О. М. Марціяш, І. Б. Гевко, Р. В. Хорошун. Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. Ч. I. 69 с. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/18181/1/%d0%9b%d0%b5%d0%ba%d1%86%d1%96%d1%97%20%d0%9e%d0%9a%d0%90%d0%a2%d0%97%20%d0%a7.1.pdf> (дата звернення 11.01.2024).

39. Поляков А. П., Вдовиченко О. В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : лаб. практикум. Вінниця : ВНТУ, 2013. 56 с. URL: <https://atm.vntu.edu.ua/subject/books/OOTVtaRA/OTVtaRA.Ch1.pdf> (дата звернення 11.01.2024).

40. Пікула М. В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : метод. вказівки до виконання лабораторних робіт для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Автомобільний транспорт» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» денної форми навчання. Рівне : НУВГП, 2020. 26 с.

41. Гайдамак О. Л., Савуляк В. І. Вузли та деталі ремонтного виробництва автотракторної техніки : лаб. практикум. Вінниця : ВНТУ, 2006. 92 с.

42. Пожарнюк Д. В. Розроблення технологічного процесу відновлення гільзи циліндра двигуна 6510-102021 автомобіля КраЗ-6510 : бакалаврська дипломна робота : 274 Автомобільний транспорт. Тернопіль, 2023. 61 с. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/42324/2/%D0%9F%D0%BE%D0%B6%D0%B0%D1%80%D0%BD%D1%8E%D0%BA%20%D0%94.%D0%92..pdf> (дата звернення: 11.01.2024).

43. Рудь Ю. С. Основи конструювання машин : підруч. для студ. інж.-техн. спец. вищ. навч. закл. 2-ге вид., перероб. Кривий Ріг : Видавець ФОП Чернявський Д. О., 2015. 492 с. URL: https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/706451/1/%D0%A0%D1%83%D0%B4%D1%8C_%D0%AE.%D0%A1._%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_2015.pdf (дата звернення: 28.06.2024).

44. Гайдамака А. В. Підшипники кочення. Базові знання та напрями вдосконалення : навч. посіб. Харків : НТУ «ХП», 2009. 248 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/50572642.pdf> (дата звернення: 28.07.2024).

45. Ян Д. О. Шляхи підвищення довговічності підшипників кочення під час проведення сервісних робіт : магістерська дипломна робота : 208 Агроінженерія. Дніпро, 2021. 106 с.

46. Скуратовський А. К. Підшипники кочення : навч. наоч. посіб. для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве

машинобудування». Ч. 1. Кулькові підшипники. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 51 с. URL : <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/24465> (дата звернення: 28.06.2024).

47. Олішевська В. Є., Кривда В. В., Сакно О. Р. Дефектування підшипників кочення. *Відбудова транспортної інфраструктури України* : зб. тез доповідей III Всеукр. наук. конф. здобувачів освіти і молодих учених, 25 березня 2025 р. Київ : НТУ, 2025. С. 154–156. URL: <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/170444> (дата звернення 29.05.2025).

48. Ялпачик Ф. Ю., Буденко С. Ф., Циб В. Г. Балансування робочих органів обладнання : метод. вказівки для студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» ОКР Бакалавр. Мелітополь : ТДАТУ, 2016. 14 с. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/ophv/wp-content/uploads/sites/13/balansuvannja-robocyh-orhaniv-obladnannja.pdf> (дата звернення: 20.09.2024).

49. ДСТУ ISO 603-10:2019 (ISO 603-10:1999, IDT). Абразиви зі зв'язкою. Розміри. Частина 10. Бруски для хонінгування та суперфінішування. Чинний від 2019-12-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.

50. ДСТУ 7809:2015. Прокат сортовий, калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. Загальні технічні умови. Чинний від 2016-04-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 25 с.

51. Пузерей А. О. Підвищення післяремонтної довговічності гільз циліндрів дизельних двигунів : магістерська дипломна робота : 208 Агроінженерія. Дніпро, 2022. 77 с. URL: <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/7622> (дата звернення: 11.01.2024).

52. Положення про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» (із змінами та доповненнями від 18.09.2018, 11.12.2018 та 08.12.2021, затвердженими вченою радою університету). Дніпро : НТУ «ДП», 2021. 31 с. URL: <https://cutt.ly/fwDJkNVs> (дата звернення 20.11.2023).

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про автомобільний транспорт : Закон України від 05.04.2001 р. № 2344-III. Дата оновлення 23.03.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14> (дата звернення: 11.01.2024).
2. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту : затв. наказом Мінтрансу України № 102 від 30.03.98 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0268-98#Text> (дата звернення: 11.01.2024).
3. Про затвердження правил надання послуг з технічного обслуговування і ремонту колісних транспортних засобів : наказ Міністерства інфраструктури України № 615 від 28.11.2014. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1609-14> (дата звернення: 11.01.2024).
4. Основи технології виробництва і ремонту автомобілів : навч. посіб. / І. Б. Гевко, Р. М. Рогатинський, О. Л. Ляшук та ін. Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.
5. Пікула М. В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів. Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч.-метод. посіб. Рівне : НУВГП, 2024. 203 с. URL: https://ep3.nuwm.edu.ua/28916/1/%D0%9F%D1%96%D0%BA%D1%83%D0%BB%D0%B0_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%20_%D0%9E%D0%A2%D0%92%D0%A0%D0%90_14_09_23.pdf (дата звернення: 11.01.2024).
6. Ремонт тракторів і автомобілів : навч. посіб. : у 2–х кн. / Д. П. Домуші, А. М. Яковенко, П. І. Осадчук та ін. Одеса : ТЕС, 2020. Кн. 1. 191 с. URL: <http://lib.osau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/3447/4/%D0%9F%D0%9E%D0%A1%D0%86%D0%91%D0%9D%D0%98%D0%9A%20%D0%A0%D0%A2%D0%90%20%D0%9A1%202020.pdf> (дата звернення: 29.05.2025).
7. Ремонт тракторів і автомобілів : навч. посіб. : у 2–х кн. / Д. П. Домуші, А. М. Яковенко, П. Д. Устужанов та ін. Одеса : ТЕС, 2024. Кн. 2. 181 с. URL: <http://lib.osau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/4699/1/%D0%94%D0%BE%D0%BC%D1%83%D1%89%D1%96%20%D0%9F%D0%9E%D0%A1%D0%86%D0%91%D0%9D%D0%98%D0%9A%20%D0%A0%D0%A2%D0%90%20%D0%9A2%202024%20%D0%921.pdf> (дата звернення: 29.05.2025).
8. Андріюк І. Р., Олішевська В. Є., Кривда В. В. Дослідження факторів, що викликають зміну технічного стану автомобілів у процесі експлуатації. *Молодь: наука та інновації* : матеріали X міжнар. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів та молодих учених, 23–25 листопада 2022 р. Дніпро : НТУ «ДП», 2022. С. 85–86. URL: <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/162527> (дата звернення 11.01.2024).
9. Захарчук О. В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Луцьк : Луцький НТУ, 2017. 140 с. URL: <https://cutt.ly/wwDF4Sh1> (дата звернення: 11.01.2024).
10. Левкович М. Г., Босюк П. В., Радик М. Д. Відновлення деталей : конспект лекцій для студентів всіх форм навчання за напрямом підготовки

6.070106 «Автомобільний транспорт». Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. 118 с. URL: <https://cutt.ly/4wDF6Vei> (дата звернення: 11.01.2024).

11. Коваленко В. М., Щуріхін В. К. Діагностика і технологія ремонту автомобілів : підручник. Київ : Літера ЛТД, 2017. 224 с. URL: http://www.svpu-profi.lg.ua/pdf/library/diagnost_kovalenko.pdf (дата звернення: 11.01.2024).

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

Балансування 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117

Безвідмовність 8, 163

Блок циліндрів 40, 41, 42, 46, 47

Вал

– колінчатий 14, 16, 23, 33, 52, 53, 54, 55, 56, 61, 113

– розподільний 33, 65, 66, 67

Відмови 9, 164

Види зносу 10, 11, 12

Гільза 41, 42, 43, 45, 47, 118, 129, 136

Дефекти 13, 14, 15, 16, 17, 42, 43, 44, 67, 75, 89, 102, 165

– виробничі 13, 15, 165

– внутрішні (неявні) 14, 15, 34, 165

– експлуатаційні 13, 15, 165

– значні 14, 15, 165

– зовнішні (явні) 14, 15, 165

– критичні 14, 15, 165

– конструктивні 13, 15, 165

– малозначні 14, 15, 165

– непоправні 14, 15, 165

– поправні 14, 15, 165

Дефектування 18, 19, 20, 29, 85, 166

Довговічність 9, 90, 166

Знос 10, 11, 12, 19, 31, 32, 42, 53, 76, 93

– загальний 48, 58, 69, 80, 125

– нерівномірний 49, 58, 70, 80, 125

Зовнішній огляд 29, 46, 57, 67, 78, 95, 104

Індикатор годинникового типу 25, 68

Індикаторний нутромір 27, 48, 94, 123, 137, 145

Інструменти 21, 77, 94, 103, 113, 123, 137, 145

Калібр-пробка 25, 47

Комплектування 143, 144, 143, 144

Конусоподібність 43, 49, 54, 59, 60, 70, 81

Корозія 12, 17, 45, 66, 169, 170

Методи дефектування 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36

Мікрометр 24, 25, 45, 56, 68, 77, 94, 123, 137, 145

Надійність 8, 9, 172

Овальність 44, 49, 59, 60, 70, 81

Підшипники кочення 34, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97

Пружини 99, 100, 101, 102, 103, 105, 106

Радіус кривошипа 61

Ремонтопридатність 9

Розмір деталі 18

– граничний 18

– дійсний 18

– допустимий 18

– номінальний 18

Розточування 118, 122, 123, 127, 128

Тертя 10, 53, 177, 178

Технічний стан 8, 10, 40, 52, 65, 74, 85, 99, 108, 116, 127, 141, 178

Технічні вимоги 18, 19, 83, 95, 108, 116, 124, 137, 180

Хонінгування 129, 130, 131, 132, 139

Шатун 33, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81

Штангенрейсмус 23, 61

Штангенциркуль 21, 22, 45, 56, 68, 77, 94, 103, 113, 123, 137, 145

ДОДАТОК А

Приклад оформлення титульного аркуша практичної роботи

**Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»**

**Механіко-машинобудівний факультет
Кафедра автомобілів та автомобільного господарства**

**ЗВІТ
з практичної роботи 1
«Дефектування блока циліндрів і гільз»
дисципліни «Основи технології виробництва та ремонту автомобілів»**

**Виконав: Євген КИРИЛОВ
студент групи 274-22-1
Перевірила: Валентина ОЛШЕВСЬКА
канд. техн. наук, доцент**

**Дніпро
2025**

ДОДАТОК Б

Форма звіту про виконання практичної роботи 1

Технологічний звіт 1 Дефектування блока циліндрів і гільз

Мета практичної роботи та результати навчання

Метою практичної роботи є надбання практичних навичок виявлення дефектів та визначення технічного стану блока циліндрів і гільз циліндрів двигуна, а також використання засобів контролю дефектів та технічних умов на дефектування.

В результаті виконання практичної роботи здобувачі зможуть набути таких умінь і навичок:

- володіння методикою визначення технічного стану блока циліндрів і гільз циліндрів двигуна;
- уміння самостійно аналізувати технічний стан блока циліндрів і гільз циліндрів двигуна.

1 Підготовка вихідних даних для дефектування деталей

Таблиця 1 – Матеріал блока циліндрів та гільз

Марка двигуна	Деталь	Матеріал деталі, ДСТУ	Твердість
	Блок циліндрів		
	Гільза		

Таблиця 2 – Розміри поверхонь деталей

Діаметр, мм	За кресленням	Ремонтний		Допустимий
		1	2	
Робочої поверхні				
Верхнього посадочного пояска				
Нижнього посадочного пояска				

Допустима нециліндричність робочої поверхні, мм

Способи дефектування _____

2 Визначення технічного стану конструктивних елементів деталей, що дефектуються

2.1 Зовнішній огляд

Виявлені дефекти

					<i>ААГ.ОППд.25.ОТВРА.01.ПР</i>		
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>					<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>						1	3
<i>Реценз.</i>					<i>Група</i>		
<i>Н. контр.</i>					<i>Дефектування блока циліндрів і гільз</i>		
<i>Затв.</i>							

2.2 Визначення стану конструктивних елементів блоку циліндрів:
Стан різьби в отворах під шпильки кріплення головки циліндрів

Стан отворів під штовхачі _____

2.3 Визначення стану конструктивних елементів гільзи циліндрів
Довжина гільз _____

Таблиця 3 – Розміри гільз та нециліндричність

Пояс вимірювань	Напрямок вимірювань	Діаметр гільз, мм			
		1	2	3	4
1	Паралельно осі колінчатого вала				
	Перпендикулярно				
	Овальність				
2	Паралельно осі колінчатого вала				
	Перпендикулярно				
	Овальність				
3	Паралельно осі колінчатого вала				
	Перпендикулярно				
	Овальність				
Конусоподібність	Паралельно осі колінчатого вала				
	Перпендикулярно				

Величина загального зносу $Z_{\text{заг}} = D_z - D_n$

Величина одностороннього нерівномірного зносу $Z_{\text{нерів}} = \beta \cdot Z_{\text{заг}}$

Розмір обробки отвору _____

Таблиця 4 – Розміри посадочних поверхонь гільз

Пояс вимірювань	Напрямок вимірювань	Діаметр гільз, мм			
		1	2	3	4
Верхня посадочна поверхня	Паралельно осі колінчатого вала				
	Перпендикулярно				
Нижня посадочна поверхня	Паралельно осі колінчатого вала				
	Перпендикулярно				

							Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата	ААГ.ОПП6.25.ОТВРА.01.ПР		

<p>3 Сортування деталей за результатами контролю _____</p> <hr/> <p>4 Призначення способів ремонту та зміст операцій для усунення дефектів деталей категорії «В ремонт» _____</p> <hr/> <p>5 Висновки За результатами зовнішнього огляду _____</p> <hr/> <p>За результатами вимірювань: стан конструктивних елементів блоку циліндрів _____</p> <hr/> <p>стан конструктивних елементів гільзи _____</p> <hr/> <p>діаметрів робочої поверхні _____ діаметрів посадочних поверхонь: верхнього _____ нижнього _____ Сортування деталей _____</p> <hr/> <p>Способи ремонту для усунення дефектів деталей категорії «В ремонт» _____</p>						
					<p><i>ААГ.ОППб.25.ОТВРА.01.ПР</i></p>	<p><i>Арк.</i></p>
<small>Змін.</small>	<small>Арк.</small>	<small>№ докум.</small>	<small>Піпис</small>	<small>Дата</small>		

ДОДАТОК В

Форма звіту про виконання практичної роботи 2

Технологічний звіт 2 Дефектування колінчатого вала

Мета та очікувані результати навчання

Метою практичної роботи є надбання практичних навичок виявлення дефектів та визначення технічного стану колінчатого вала, а також використання засобів контролю дефектів та технічних умов на дефектування.

В результаті виконання практичної роботи здобувачі зможуть набути таких умінь і навичок:

- володіння методикою визначення технічного стану колінчатого вала;
- уміння самостійно аналізувати технічний стан колінчатого вала.

1 Підготовка вихідних даних для дефектування колінчатого вала

Таблиця 1 – Матеріал колінчатого вала

Марка двигуна	Матеріал деталі, ДСТУ	Твердість шийок

Таблиця 2 – Розміри шийок

Шийки	Розміри за кресленням, мм	Розміри ремонтні, мм				
		1	2	3	4	5
Корінні						
Шатунні						

Допустима нециліндричність поверхні шийок, мм

корінних: шатунних:

Довжина шийок за робочим кресленням, мм

передньої корінної: шатунних:

Допустима довжина шатунних шийок, мм

Допустиме радіальне биття середньої корінної шийки, мм

Радіус кривошипу, мм

Способи дефектування _____

2 Визначення технічного стану конструктивних елементів колінчатого вала, що дефектуються

2.1 Зовнішній огляд

Виявлені дефекти _____

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ААГ.ОППД.25.ОТВРА.02.ПР		
Розроб.					Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.						1	3
Реценз.					Група		
Н. контр.							
Затв.							

2.2 Результати вимірювань

Таблиця 3 – Розміри шийок та нециліндричність

Пояс вимірювань	Напрямок вимірювань	Корінні шийки					Шатунні шийки				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	
1	В площині кривошипу										
	Перпендикулярно площині кривошипу										
	Овальність										
2	В площині кривошипу										
	Перпендикулярно площині кривошипу										
	Овальність										
Конусоподібність	В площині кривошипу										
	Перпендикулярно площині кривошипу										

2.3 Величина загального зносу корінних шийок $Z_{заг} = d_{п} - d_{з}$

2.4 Величина одностороннього нерівномірного зносу корінних шийок $Z_{нерів} = \beta \cdot Z_{заг}$

2.5 Ремонтний розмір обробки корінних шийок ($d_{рк}$), мм

2.6 Довжина першої корінної шийки, мм

2.7 Величина загального зносу ($Z_{заг}$) шатунних шийок, мм

2.8 Величина одностороннього нерівномірного зносу ($Z_{нерів}$) шатунних шийок, мм

2.9 Ремонтний розмір обробки шатунних шийок ($d_{рш}$), мм

2.10 Довжина всіх шатунних шийок, мм

2.11 Радіус кривошипу, мм

$$R_{кр} = \frac{a_1 - a_2}{2}$$

					<i>ААГ.ОППб.25.ОТВРА.02.ІР</i>		Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

ДОДАТОК Г

Форма звіту про виконання практичної роботи 3

Технологічний звіт 3 Дефектування розподільного вала

Мета та очікувані результати навчання

Метою практичної роботи є надбання практичних навичок виявлення дефектів та визначення технічного стану розподільного вала, а також використання засобів контролю дефектів та технічних умов на дефектування.

В результаті виконання практичної роботи здобувачі зможуть набути таких умінь і навичок:

- володіння методикою визначення технічного стану розподільного вала;
- уміння самостійно аналізувати технічний стан розподільного вала.

1 Підготовка вихідних даних для дефектування розподільного вала

Таблиця 1 – Матеріал розподільного вала

Марка двигуна	Матеріал деталі, ДСТУ	Твердість шийок

Таблиця 2 – Розміри шийок

Опорні шийки	Розміри за кресленням, мм	Розміри ремонтні, мм				
		1	2	3	4	5

Допустима нециліндричність опорних шийок, мм:

Допустиме радіальне биття опорних шийок, мм:

Розміри поверхні кулачка «а», мм

- за кресленням:

- допустимий:

Розміри робочої поверхні кулачка за кресленням «б-а», мм:

Способи дефектування _____

						ААГ.ОППД.25.ОТВРА.03.ПР										
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Дефектування розподільного вала											
Розроб.											Літера	Аркуш	Аркушів			
Перевір.														1	4	
Реценз.																
Н. Контр.																
Затв.																

2.7 Стан кулачків за профілем і характер зносу _____

2.8 Результати вимірювань радіального биття опорних шийок _____

3 Сортування деталей за результатами контролю _____

4 Призначення способів ремонту та зміст операцій для усунення дефектів деталей категорії «В ремонт» _____

5 Висновки

За результатами вимірювання зовнішнього огляду _____

За результатами вимірювань:

- опорних шийок _____

- кулачків _____

- радіального биття опорних шийок _____

Сортування деталей _____

Способи ремонту для усунення дефектів деталей категорії «В ремонт» _____

					<i>ААГ.ОППб.25.ОТВРА.03.ПР</i>	<small>Арк.</small>
<small>Змін.</small>	<small>Арк.</small>	<small>№ докум.</small>	<small>Підпис</small>	<small>Дата</small>		

ДОДАТОК Д

Форма звіту про виконання практичної роботи 4

Технологічний звіт 4 Дефектування шатуна

Мета та очікувані результати навчання

Метою практичної роботи є надбання практичних навичок виявлення дефектів та визначення технічного стану шатуна, а також використання засобів контролю дефектів та технічних умов на дефектування.

В результаті виконання практичної роботи здобувачі зможуть набути таких умінь і навичок:

- володіння методикою визначення технічного стану шатуна;
- уміння самостійно аналізувати технічний стан шатуна.

1 Підготовка вихідних даних для дефектування шатуна

Таблиця 1 – Матеріал шатуна

Марка двигуна	Матеріал деталі, ДСТУ	Твердість

Таблиця 2 – Розміри отворів шатуна

Отвір	Розміри, мм		
	за кресленням	ремонтні	допустимі
Під втулку верхньої головки шатуна			
Нижньої головки шатуна			

Допустима нециліндричність отворів головок, мм:

Відстань між осями головок, мм:

- за кресленням:

- допустима:

Непаралельність або перекіс осей головок шатуна, мм:

Способи дефектування _____

2 Визначення технічного стану конструктивних елементів шатуна, що дефектуються

2.1 Зовнішній огляд

Виявлені дефекти _____

					ААГ.ОППД.25.ОТВРА.04.ПР			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Дефектування шатуна	Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.							1	3
Перевір.						Група		
Реценз.								
Н. контр.								
Затв.								

2.2 Результати вимірювань отворів шатуна та нециліндричність

Таблиця 3 – Розміри отворів та нециліндричність

Отвір	Напрямок вимірювання	Пояс вимірювань		Конусоподібність
		I	II	
Нижньої головки	А-А			
	Б-Б			
	В-В			
	Овальність			
Під втулку верхньої головки	Г-Г			
	Д-Д			
	Овальність			

2.3 Результати визначення величини загального зносу ($Z_{\text{заг}}$):

- отвору нижньої головки шатуна _____
- отвору верхньої головки шатуна _____

2.4 Результати визначення величини одностороннього нерівномірного зносу ($Z_{\text{нерів}}$):

- отвору нижньої головки шатуна _____
- отвору верхньої головки шатуна _____

2.5 Результати вимірювань відстані між осями отворів верхньої і нижньої головок шатуна L :

$$L = l + \frac{(D_{\text{в}} + D_{\text{н}})}{2}$$

2.6 Результати визначення вигину та скручування шатуна:

Величина вигину шатуна $X_{\text{в}}$:

$$X_{\text{в}} = 100 \cdot \frac{h}{L},$$

де h – вимірне значення непаралельності, мм; L – відстань між штирями призми, мм.Скручування шатуна $X_{\text{с}}$:

$$X_{\text{с}} = 100 \cdot \frac{\delta}{L},$$

де δ – вимірне значення відхилення осей від знаходження в одній площині, мм; L – відстань між штирями призми, мм.

							Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ААГ.ОПП6.25.ОТВРА.04.ПР		

3 Сортування деталей за результатами контролю _____

4 Призначення способів ремонту та зміст операцій для усунення дефектів деталей категорії «В ремонт» _____

5 Висновки

За результатами зовнішнього огляду _____

За результатами вимірювань:

- отвору нижньої головки _____

- отвору під втулку верхньої головки _____

- за результатами визначення величини загального зносу:

- отвору нижньої головки шатуна _____

- отвору верхньої головки шатуна _____

- за результатами визначення величини одностороннього нерівномірного зносу:

- отвору нижньої головки шатуна _____

- отвору верхньої головки шатуна _____

- за результатами вимірювань відстані між осями отворів верхньої і нижньої головок шатуна _____

- за результатами визначення вигину та скрученості шатуна _____

Сортування деталей _____

Способи ремонту для усунення дефектів деталей категорії «В ремонт» _____

					<i>ААГ.ОППб.25.ОТВРА.04.ПР</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ДОДАТОК Е

Форма звіту про виконання практичної роботи 5

Технологічний звіт 5 Дефектування підшипників кочення

Мета та очікувані результати навчання

Метою практичної роботи є надбання практичних навичок виявлення дефектів та визначення технічного стану підшипників кочення, а також використання засобів контролю дефектів та технічних умов на дефектування.

В результаті виконання практичної роботи здобувачі зможуть набути таких умінь і навичок:

- володіння методикою визначення технічного стану підшипників кочення;
- уміння самостійно аналізувати технічний стан підшипників кочення.

1 Підготовка вихідних даних для дефектування підшипників кочення

Таблиця 1 – Підшипники кочення

№ п.п.	Тип підшипника	Позначення	Місце розташування
1			
2			

Таблиця 2 – Допустимі розміри підшипників та величини зазорів

Параметри, мм	Підшипники	
	1	2
Радіальний зазор		
Осьовий зазор		
Зовнішній діаметр		
Внутрішній діаметр		
Ширина зовнішнього кільця		
Ширина внутрішнього кільця		

Способи дефектування _____

					ААГ.ОППб.25.ОТВРА.05.ПР						
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Дефектування підшипників кочення			Літера	Аркуш	Аркушів	
Розроб.									1	2	
Перевір.								Група			
Реценз.											
Н. контр.											
Затв.											

2 Визначення технічного стану конструктивних елементів підшипників кочення, що дефектуються

2.1 Зовнішній огляд

Виявлені дефекти _____

2.2 Результати перевірки підшипника в зборі на шум і легкість обертання зовнішнього кільця відносно внутрішнього _____

2.3 Результати вимірювань

Таблиця 3 – Розміри підшипників та величини зазорів

Параметри, мм	Підшипники	
	1	2
Радіальний зазор		
Осьовий зазор		
Зовнішній діаметр		
Внутрішній діаметр		
Ширина зовнішнього кільця		
Ширина внутрішнього кільця		

Середнє значення діаметру зовнішньої поверхні зовнішнього кільця:

$$D_m = \frac{D_{max} + D_{min}}{2}$$

Середнє значення діаметру отвору внутрішнього кільця:

$$d_m = \frac{d_{max} + d_{min}}{2}$$

3 Сортування підшипників кочення за результатами контролю

4 Висновки

За результатами зовнішнього огляду _____

За результатами вимірювання _____

							Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ААГ.ОППб.25.ОТВРА.05.ІР</i>		

ДОДАТОК Ж

Форма звіту про виконання практичної роботи 6

Технологічний звіт 6 Дефектування пружин

Мета та очікувані результати навчання

Метою практичної роботи є надбання практичних навичок виявлення дефектів та визначення технічного стану пружин, а також використання засобів контролю дефектів та технічних умов на дефектування.

В результаті виконання практичної роботи здобувачі зможуть набути таких умінь і навичок:

- володіння методикою визначення технічного стану пружин;
- уміння самостійно аналізувати технічний стан пружин.

1 Підготовка вихідних даних для дефектування пружин

Таблиця 1 – Характеристика пружин

Найменування	Марка автомобіля	Номер деталі за каталогом	Матеріал	Твердість
1 Пружина клапана				
2 Пружина зчеплення				
3 Пружина гальмівних колодок				
4 Пружина гальмівної камери				

Таблиця 2 – Технічні вимоги до конструктивних елементів пружин

Технічні вимоги, мм	Пружини та величини параметрів			
	1 Пружина клапана	2 Пружина зчеплення	3 Пружина гальмівних колодок	4 Пружина гальмівної камери
Робочі витки $D_3 =$ $d =$ шорсткість цілісність $h =$				

					ААГ.ОППД.25.ОТВРА.06.ПР			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Дефектування пружин	Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.							1	4
Перевір.						Група		
Реценз.								
Н. контр.								
Затв.								

Закінчення табл. 2

Технічні ви- моги, мм	Пружини та величини параметрів			
	1 Пружина клапана	2 Пружина зчеплення	3 Пружина гальмівних колодок	4 Пружина гальмівної камери
Опорні витки $D_v =$ $d_k =$ шорсткість цілісність площинність				
Пружина в цілому $H_0 =$ $H_p =$ $n =$ $\Delta_{нек} =$ $\Delta_{неп} =$ $S =$				

Способи дефектування _____

2 Визначення технічного стану конструктивних елементів пружин

2.1 Зовнішній огляд

Виявлені дефекти _____

2.2 Результати вимірювань пружин

Таблиця 3 – Результати вимірювання параметрів пружин

Дійсний стан елемента де- талі, мм	Пружини та величини параметрів			
	1 Пружина клапана	2 Пружина зчеплення	3 Пружина гальмівних колодок	4 Пружина гальмівної камери
Робочі витки $D_3 =$ $d =$ шорсткість цілісність $h =$				

									Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ААГ.ОППб.25.ОТВРА.06.ІІР</i>				

Закінчення табл. 3

Дійсний стан елемента де- талі, мм	Пружини та величини параметрів			
	1 Пружина клапана	2 Пружина зчеплення	3 Пружина гальмівних колодок	4 Пружина гальмівної камери
Опорні витки $D_v =$ $d_k =$ шорткість цілісність площинність				
Пружина в цілому $H_0 =$ $H_p =$ $n =$ $\Delta_{нек} =$ $\Delta_{неп} =$ $S =$				
Тип				
Місце розта- шування				

Таблиця 4 – Технічні вимоги та результати вимірювання пружин на приладі

Найменування пружини	Довжина, мм				При випробуванні на розтяг, стиск			
	У вільному стані		При стисканні до зіткнення її витків		До висоти, мм	Пружність, кгс		
	ТУ	Факт	ТУ	Факт		ТУ	Факт	
1 Пружина клапана								
2 Пружина зчеплення								
3 Пружина гальмівних колодок								
4 Пружина гальмівної камери								

									Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ААГ.ОПП6.25.ОТВРА.06.ІР				

ДОДАТОК И

Форма звіту про виконання практичної роботи 7

Технологічний звіт 7 Балансування деталей (вузлів)

Мета та очікувані результати навчання

Метою практичної роботи є надбання практичних навичок балансування деталей, а також використання засобів та технічних умов на усунення дисбалансу.

В результаті виконання практичної роботи здобувачі зможуть набути таких умінь і навичок:

- володіння методикою балансування деталей та вузлів автомобілів;
- уміння самостійно виконувати балансування деталей та вузлів автомобілів.

1 Підготовка вихідних даних для балансування деталей і вузлів автомобілів

Таблиця 1 – Характеристика деталей та вузлів

Деталі (вузли)	Марка двигуна
Шків	
Колінчатий вал в зборі з маховиком	

Таблиця 2 – Технічні вимоги

Параметри	Позначення	Шків	Колінчатий вал з маховиком
Допустимий дисбаланс, г·см	<i>D</i>		
Радіальна відстань отворів, см	<i>R</i>		
Діаметр отворів, мм	<i>d</i>		
Глибина отворів, мм	<i>h</i>		
Шаг отворів, мм	<i>s</i>		

Способи балансування _____

					ААГ.ОППД.25.ОТВРА.07.ПР		
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.					Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.						1	3
Реценз.					Група		
Н. контр.							
Затв.							
Балансування деталей (вузлів)							

2 Статичне балансування деталей автомобіляДисбаланс шківів (D , г·см) становить:

$$D = GR,$$

де G – маса вантажів, г; R – радіальна відстань вантажів (магнітів), см.

Результати порівняння величини дисбалансу шківів з технічними вимогами _____

Розрахункова глибина свердління отворів h_p становить:

$$h_p = \frac{4G}{\pi d^2 \rho},$$

де ρ – густина металу, г/мм³; d – діаметр отвору свердління, мм.Кількість свердлінь отворів i дорівнює:

$$i = \frac{h_p}{h}$$

приймаємо $i =$ Фактична глибина свердління h_ϕ кожного отвору

$$h_\phi = \frac{h_p}{i}$$

3 Динамічне балансування деталей автомобіля

Дисбаланс колінчатого валу в зборі з маховиком становить:

$$D = GR$$

Результати порівняння величини дисбалансу колінчатого валу в зборі з маховиком з технічними вимогами _____

Розрахункова глибина свердління отворів h_p , мм, становить:

Змін.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата	ААГ.ОПП6.25.ОТВРА.07.ПР				Арк.

$$h_p = \frac{4G}{\pi d^2 \rho}$$

Кількість свердлінь отворів i дорівнює:

$$i = \frac{h_p}{h}$$

приймаємо $i =$

Фактична глибина свердління h_ϕ , мм, кожного отвору

$$h_\phi = \frac{h_p}{i}$$

4 Висновки

За результатами балансування шківів _____

За результатами балансування колінчатого валу в зборі з маховиком

					ААГ.ОППб.25.ОТВРА.07.ПР	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

ДОДАТОК К

Форма звіту про виконання практичної роботи 8

Технологічний звіт 8 Розточування гільзи циліндра

Мета та очікувані результати навчання

Метою практичної роботи є надбання практичних навичок виконання розточування гільзи циліндра на вертикально-розточувальному верстаті.

В результаті виконання практичної роботи здобувачі зможуть набути таких умінь і навичок:

- володіння технологією розточування гільзи циліндра;
- уміння самостійно виконувати розточування гільзи циліндра на вертикально-розточувальному верстаті.

1 Підготовка вихідних даних для розточування гільзи циліндра

Таблиця 1 – Характеристики гільзи

Марка двигуна	Матеріал деталі, ДСТУ	Твердість

Таблиця 2 – Вихідні дані

Параметри	Значення
Довжина гільзи $l_{отв}$, мм	
Діаметр гільзи до розточування D , мм	
Заданий діаметр розточування D_p , мм	

Способи ремонту _____

Зовнішній огляд: виявлені дефекти _____

2 Розробка операції розточування гільзи циліндра

Операційна карта

1 Найменування операції _____

2 Найменування деталі та номер за каталогом _____

3 Матеріал _____

4 Твердість _____

5 Маса _____

6 Обладнання _____

					ААГ.ОППб.25.ОТВРА.08.ПР						
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розточування гільзи циліндра			Літера	Аркуш	Аркушів	
Розроб.									1	3	
Перевір.								Група			
Реценз.											
Н. контр.											
Затв.											

№ переходу	Зміст переходу	Інструмент: різальний, вимірювальний	Розрахункові розміри	
			діаметр, ширина	довжина
1	Встановити блок циліндрів на стіл верстата, відцентрувати, закріпити, відкріпити, зняти	+		
2	Розточити отвір під поршень	+	+	+
3	Контроль	+		

Результати розрахунку режиму обробки та машинного часу

Максимальний розмір зношеного отвору $D_3 =$

Діаметр найближчого ремонтного розміру (згідно з РК) $D_{pp} =$

Припуск на розточування гільзи

$$Z = D_{pp} - D_3 - Z_x =$$

Таблиця 3 – Рекомендовані та прийняті режими різання

Параметри	Значення параметрів	
	розраховані	скореговані
1 Глибина різання t , мм		
2 Кількість проходів i		
3 Подача S , мм/об		
4 Швидкість різання V , мм/хв		
5 Частота обертання шпинделя n , хв ⁻¹		
6 Діаметр різцевої головки d , мм		
7 Довжина робочого ходу шпиндельної бабки L_{px} , мм		
8 Виліт різця l_p , мм		
9 Машинний час розточування t_M , хв		

								Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата	<i>ААГ.ОПП6.25.ОТВРА.08.ІІР</i>			

ДОДАТОК Л

Форма звіту про виконання практичної роботи 9

Технологічний звіт 9
Хонінгування гільзи циліндра двигуна

Мета та очікувані результати навчання

Метою практичної роботи є надбання практичних навичок виконання хонінгування гільзи циліндра на хонінгувальному верстаті.

В результаті виконання практичної роботи здобувачі зможуть набути таких умінь і навичок:

- володіння технологією хонінгування гільзи циліндра;
- уміння самостійно виконувати хонінгування гільзи циліндра на хонінгувальному верстаті.

1 Підготовка вихідних даних для хонінгування гільзи циліндра

Таблиця 1 – Характеристики гільзи

Марка двигуна	Матеріал гільзи, ДСТУ	Твердість поверхні

Таблиця 2 – Значення параметрів

Показники	Позначення	Значення
Припуск на хонінгування, на діаметр, мм		
- попередня обробка	Z_x	
- заключна обробка	Z_x	
Шорсткість поверхні, мкм		
- попередня обробка	R_a	
- заключна обробка	R_a	
Діаметр гільзи до хонінгування, мм	D	
Довжина гільзи, мм	$l_{отв}$	
Тривалість хонінгування, хв	t_m	

Способи ремонту _____

Зовнішній огляд: виявлені дефекти _____

2 Розробка операції хонінгування гільзи циліндра

Операційна карта

1 Найменування операції _____

					<i>ААГ.ОППД.25.ОТВРА.09.ПР</i>
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.					Хонінгування гільзи циліндра двигуна
Перевір.					Літера Аркуш Аркушів 1 4
Реценз.					Група
Н. контр.					
Затв.					

2 Найменування деталі та номер за каталогом _____

3 Матеріал _____

4 Твердість _____

5 Маса _____

6 Обладнання _____

№ переходу	Зміст переходу	Інструмент: різальний, вимірювальний	Розрахункові розміри, мм	
			діаметр	довжина
1	Встановити гільзу циліндра на стіл верстата, закріпити, відкріпити, зняти	+		
2	Хонінгувати гільзу циліндра	+	+	+
3	Контроль	+		

Діаметр найближчого ремонтного розміру (згідно з РК) D_{pp}

Припуск на хонінгування гільзи

$$Z_x = D_{pp} - D$$

Тип брусків

$$\text{Довжина бруска } l_{бр} = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{3}{4}\right) \cdot l_{отв}$$

$$\text{Перебіг брусків за межі отвору } l_{пер} = \frac{1}{3} l_{бр}$$

Довжина робочого ходу шпindelної бабки

$$L = l_{отв} + 2l_{пер} - l_{бр}$$

Швидкість зворотно-поступального руху хонінгувальної головки

$$V_{зп}$$

Змін.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата	ААГ.ОПП6.25.ОТВРА.09.ІІР					Арк.

ДОДАТОК М

Форма звіту про виконання практичної роботи 10

Технологічний звіт 10 Комплектування поршнів с гільзами циліндрів двигуна

Мета та очікувані результати навчання

Метою практичної роботи є ознайомлення з технічними вимогами та надбання практичних навичок виявлення посадок сполучених деталей і збирання їх в комплекти.

В результаті виконання практичної роботи здобувачі зможуть набути таких умінь і навичок:

- володіння методикою комплектування поршнів з гільзами циліндрів двигуна;
- уміння самостійно виконувати комплектування поршнів з гільзами циліндрів двигуна.

1 Підготовка вихідних даних для комплектування поршнів з гільзами циліндрів двигуна

Таблиця 1 – Характеристика деталей

Найменування	№ за каталогом	Марка двигуна
1 Гільза		
2 Поршень		
3 Кільце компресійне		
4 Кільце маслоз'ємне		

Зовнішній огляд: виявлені дефекти _____

2 Зважування поршнів

Група комплекту поршнів за масою, що визначена за маркуванням _____

3 Сортування поршнів за методом групової взаємозамінності

Діаметр поршня у нижньому перерізі юбки перпендикулярно до осі пальця $d =$

Розмірна група, до якої належить поршень _____

4 Сортування гільз за методом групової взаємозамінності

Отвір гільзи $D =$

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ААГ.ОППД.25.ОТВРА.10.ПР			
Розроб.					Комплектування поршнів з гільзами циліндрів двигуна	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.							1	2
Реценз.						Група		
Н. кантр.								
Затв.								

Розмірна група, до якої належить гільза _____

5 Комплектування деталей спряження

Таблиця 2 – Результати підбору поршнів до гільз і в комплект за масою

Номер поршня	Зусилля протягування щупа, кг								Маса поршня, кг	1. Допустима різниця в масі поршнів для одного двигуна, кг
	№ гільзи									
										2. Допустиме зусилля протягування щупа між поршнем і гільзою, кг
										3. Довжина щупа, мм Ширина щупа, мм Товщина щупа, мм

6 Перевірка параметрів поршневих кілець

Таблиця 3 – Результати перевірки кілець і підбір їх до поршнів і гільз

Кільця		Пружність, кг	Прилягання до дзеркала	Зазор у канавці, кг	Зазор у замку, мм
Вид	№				
Компресійне	1				
	2				
	3				
Маслоз'ємне	1				
	2				

7 Висновки

За результатами зовнішнього огляду _____

За результатами вимірювань _____

									Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата	ААГ.ОПП6.25.ОТВРА.10.ПР				

ЗМІСТ

Вступ	3
1 Мета виконання практичних робіт і результати навчання	4
2 Основні організаційні засади та порядок виконання практичних робіт	5
3 Інструменти, обладнання та програмне забезпечення практичних робіт	7
4 Технічний стан автомобілів та його зміна в процесі експлуатації	8
4.1 Основні поняття про надійність автомобілів	8
4.2 Фактори, що викликають зміни технічного стану деталей автомобілів у процесі експлуатації	10
4.3 Характерні дефекти деталей автомобілів	13
5 Дефектування деталей автомобілів	18
5.1 Загальні відомості	18
5.2 Універсальні вимірювальні прилади та інструменти	21
5.3 Основні методи дефектування	29
6 Основні поняття про відновлення автомобілів	37
7 Практичні роботи	40
Практична робота 1. Дефектування блока циліндрів і гільз	40
Практична робота 2. Дефектування колінчатого вала	52
Практична робота 3. Дефектування розподільного вала	65
Практична робота 4. Дефектування шатуна	74
Практична робота 5. Дефектування підшипників кочення	85
Практична робота 6. Дефектування пружин	99
Практична робота 7. Балансування деталей (вузлів)	110
Практична робота 8. Розточування гільзи циліндра	118
Практична робота 9. Хонінгування гільзи циліндра двигуна	129
Практична робота 10. Комплектування поршнів з гільзами циліндрів двигуна	143
8 Тестові завдання	152
9 Оцінювання результатів навчання	157
Словник термінів	163
Перелік бібліографічних посилань	183
Список рекомендованої літератури	189
Предметний покажчик	191
Додаток А Приклад оформлення титульного аркуша практичної роботи	192
Додаток Б Форма звіту про виконання практичної роботи 1	193
Додаток В Форма звіту про виконання практичної роботи 2	196
Додаток Г Форма звіту про виконання практичної роботи 3	199
Додаток Д Форма звіту про виконання практичної роботи 4	202
Додаток Е Форма звіту про виконання практичної роботи 5	205
Додаток Ж Форма звіту про виконання практичної роботи 6	207
Додаток И Форма звіту про виконання практичної роботи 7	211
Додаток К Форма звіту про виконання практичної роботи 8	214
Додаток Л Форма звіту про виконання практичної роботи 9	217
Додаток М Форма звіту про виконання практичної роботи 10	221

Навчальне видання

Олішевська Валентина Євгенівна
Бас Костянтин Маркович
Кривда Віталій Валерійович

**ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ
ПРАКТИКУМ**

Навчальний посібник

Видано в авторській редакції.

Електронний ресурс.
Підписано до видання 06.06.2025. Авт. арк. 17,0.

Підготовлено до видання
в Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842 від 11.06.2004.
49005, м. Дніпро, просп. Дмитра Яворницького, 19.