



**Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний
технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та
енергетики
Кафедра експлуатації та ремонту машин**

**Введення в технічний сервіс машин: методи усунення
несправностей машин та обладнання**

**Методичні вказівки до виконання практичних робіт
для здобувачів денної та заочної форм навчання
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, спеціальностей
Н7 Агроінженерія(208 «Агроінженерія») ООП «Технічний сервіс в АПК»**

**Кропивницький
2024**

**Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра експлуатації та ремонту машин**

**Введення в технічний сервіс машин: методи усунення
несправностей машин та обладнання**

**Методичні вказівки до виконання практичних робіт
для здобувачів денної та заочної форм навчання
Н7 Агроінженерія (208 «Агроінженерія»),
ОПП «Технічний сервіс в АПК»**

Затверджено
на засіданні кафедри експлуатації
та ремонту машин, протокол № 5
від 16.10.2024 року

**Кропивницький
2024**

УДК 631.3-049.32(072)
О-75

Схвалено
на засіданні кафедра експлуатації та ремонту машин,
протокол № 5 від 16.10.2024 року

Рецензенти:

О. В Диха, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства, Хмельницький національний університет;
М.В. Марченко, к.т.н., доцент, в.о. завідувача кафедри надійності та міцності машин і споруд імені В.Я. Аніловича, Державний біотехнологічний університет

О-75 Введення в технічний сервіс машин: методи усунення несправностей машин та обладнання: метод. вказівки до виконання практ. робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заоч. форм навч. спец. Н7 Агроінженерія (208 «Агроінженерія»), ОПІ «Технічний сервіс в АПК» / М.І. Черновол, І.В. Шепеленко, І.М. Рибалко, О.А. Науменко, О.В. Тіхонов, І.Ф. Василенко, О.Д. Мартиненко, М.В. Красота – Кропивницький: ЦНТУ, 2024. – 95 с.

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Введення в технічний сервіс машин: методи усунення несправностей машин та обладнання» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання, Н7 Агроінженерія (208 «Агроінженерія») ОПІ «Технічний сервіс в АПК», встановлюють мету, завдання, загальні положення, обладнання, інструменти та матеріали, порядок виконання роботи та вимоги до оформлення звіту.

Лл. 43. Табл. 19. Бібліогр. 30.

ISBN

УДК 631.3-049.32(072)

Відповідальні за випуск: Шепеленко І.В., доктор техн. наук, проф.;
Науменко О.А., канд.техн.наук, проф.

© М.І. Черновол, І.В. Шепеленко І.М. Рибалко,
О.А. Науменко, О.В. Тіхонов, І.Ф. Василенко,
О.Д. Мартиненко, М.В. Красота, 2024
© ЦНТУ, 2024

5 7

ВСТУП	5
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1	
ВИПРОБУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ НА АБРАЗИВНЕ	
ЗНОШУВАННЯ	6
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2	
ОЧИЩЕННЯ СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ І ДЕТАЛЕЙ	15
ПРАКТИЧНА РОБОТА №3	
ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСТИМИХ ГРАНИЧНИХ ЗНОСІВ І	
РОЗМІРІВ З'ЄДНАНИХ ДЕТАЛЕЙ	29
ПРАКТИЧНА РОБОТА №4	
ДЕФЕКТАЦІЯ ТИПОВИХ ДЕТАЛЕЙ І З'ЄДНАНЬ МАШИН	39
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5	
ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИ УСУНЕННЯ ДЕФЕКТІВ ЗНОШЕНИХ	
ДЕТАЛЕЙ СПРЯЖЕНЬ. ПІД РЕМОНТНІ РОЗМІРИ.	
КОМПЕНСАЦІЯ ЗНОШЕНОГО ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ	
ВСТАНОВЛЕННЯМ ДОДАТКОВИХ ДЕТАЛЕЙ	63
ПРАКТИЧНА РОБОТА №6	
БАЛАНСУВАННЯ ВУЗЛІВ І ДЕТАЛЕЙ МАШИН	75
ПРАКТИЧНА РОБОТА №7	
МЕТОДИ ВИКОНАННЯ ТА ПЕРЕВІРКА ЯКОСТІ ЦЕНТРУВАННЯ	
ВУЗЛІВ ПРИ СКЛАДАННІ	85

ВСТУП

Методи усунення несправностей машин та обладнання при технічному сервісі є однією з ключових ланок циклу експлуатації машин, від якості та своєчасності виконання якого залежить їх надійність, безпека, економічність та залишковий ресурс.

Основною особливістю методів усунення несправностей машин та обладнання має відмінність полягає в тому, що вхідним об'єктом у процесі ремонту є не сировина, матеріали, і напівфабрикати, як процес се виготовлення, а складові частини машин, які змінили свої розміри або властивості в процесі експлуатації

Крім того при усуненні несправностей машин мають місце особливості такі, як наявність технологічних операцій очищення, розбирання, дефектації, а також операцій пов'язаних з відновленням зношених поверхонь і вихідних властивостей деталей.

Важливе місце при усуненні несправностей машин відводиться теоретичним та експериментальним обґрунтуванням параметрів, що характеризують технічний стан зношених деталей, а також напрямів подальшого їх використання без відновлення (ремонту) або з відновленням (ремонтном).

Тому аналіз причин виникнення відмов машин, факторів, що впливають на появу дефектів деталей, аналіз їх виникнення і розвитку в процесі експлуатації та процес їх усунення є необхідними для підготовки бакалавра.

У процесі навчання за дисципліною «Введення в технічний сервіс машин: методи усунення несправностей машин та обладнання» наводиться необхідний та достатній обсяг матеріалу, що дозволяє зацікавити студента у глибокому вивченні матеріалу, отримати навички визначення залишкового ресурсу агрегату чи машини загалом, пояснити причини відмов та можливі способи їх усунення.

Освоєння навчальної дисципліни «Введення в технічний сервіс машин: методи усунення несправностей машин та обладнання» базується на знаннях та вміннях, отриманих здобувачами при вивченні таких дисциплін, як «Інженерна графіка», «Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів», «Метрологія, стандартизація та сертифікація», «Теорія механізмів і машин», «Деталі машин та основи конструювання», «Трактори та автомобілі», «Сільськогосподарські машини». Знання, вміння та навички, що формуються даною навчальною дисципліною, є базою для проходження виробничої експлуатаційної практики.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

ВИПРОБУВАННЯ МАТЕРІАЛІВНА АБРАЗИВНЕ ЗНОШУВАННЯ

1 МЕТА РОБОТИ

Освоїти основні методики і практику дослідження процесу зношування на машині тертя і набути первинних навичок складання і оформлення науково-дослідного звіту.

2 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

- 2.1 Дайте визначення понять: зношування, знос, зносостійкість?
- 2.2 Які явища і процеси характеризують абразивне зношування?
- 2.3 У чому полягають основні закономірності абразивного зношування?
- 2.4 Способи і засоби вимірювання для визначення зносу деталі?
- 2.5 Наведіть основні види зношування. В чому полягає їх відмінність?
- 2.6 В чому полягає різниця між тертям без змащувального матеріалу та гідродинамічним?

3 ЗАВДАННЯ

1. Вивчити пристрої і роботу лабораторної машини тертя. 2. Вивчити загальний пристрій аналітичних терезів АДВ-200 і методику зважування зразків. 3. Провести дослідження залежності величини зносу від навантаження для зразка із сталі 45 в умовах абразивного зношування. 4. Провести статистичну обробку експериментальних даних і аналіз результатів дослідження.

4 ЧАС ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Самостійна підготовка – 2 година;
Робота в лабораторії – 4 акад. години.

5 ЛІТЕРАТУРА

5.1 Основна

5.1.1 Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко та ін.; за ред. проф. О.І.Сідашенка, О.А.Науменка. Підручник: (Затверджено МОН України як підручник для студентів ВНЗ, які навчаються за напрямом підготовки «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» від 21.06.10 № 1/11 – 545) – К.: Агроосвіта, 2014. – 665 с.

5.1.2 Практикум з ремонту машин: Навчальний посібник /О.І. Сідашенко, Т.С. Скобло, В.А.Войтов та ін.; За ред. О.І. Сідашенка, О.В. Тіхонова. – Харків.: ХНТУСГ, 2007. – 415с.

5.1.3 Основи трібології: Підручник / А.М. Антипенко, О.М. Белас, В.А. Войтов та ін. / За ред. В.А. Войтова– Харків: ХНТУСГ, 2008. – 342с.

5.1.4 Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій. Навч. посібник / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, С.О. Лузан та інші.– Харків: ХНТУСГ, 2017.– 361 с.

5.1.5 Диха О.В. Вузли тертя машин. Розрахунки на зносостійкість. Навчальний посібник. / О.В.Диха – Хмельницький: ХНУ, 2013. – 147 с.

5.1.6 Кіндрачук М.В. Трибологія: Підручник / М.В. Кіндрачук, В.Ф. Лабунець, М.І. Пашечко – К.: НАУ, 2009. – 392 с.

5.1.7 Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин. Том 1. Навчальний посібник. / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, Т.С. Скобло та інші. – Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018. – 416 с.

5.2 Додаткова

5.2.1 Repair Technology of Machinery and Equipment. Lecture course. Textbook. / O. Sidashenko, O. Tikhonov, S. Luzan, and others. – Kharkiv: KhNTUA, 2017. – 340 p.

5.2.2 Українсько-англійський словник термінів технологічних систем ремонтного виробництва. Навчальний посібник. / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, Т.С. Скобло та ін. (Рекомендовано Вченою радою Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, протокол №10 від 30 червня 2016 року як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації). – Харків: ХНТУСГ, 2016. – 412с.

6 ОСНАЩЕННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ

Універсальна машина тертя МІ–1М. Терези аналітичні АДВ–200. Гирі аналітичні ГА, набір 0,020 – 100 г. Шкірка шліфувальна 44А-12. Зразки (ролики d=50 мм, В=10 мм): №1 – зі сталі 45, незагартований (220 НВ); №2 – зі сталі 45, загартований (42 HRC). Ацетон. Тканина бавовняна для протирання зразків.

7 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

7.1 Загальні положення про тертя і зношування. Однією з основних причин, що викликають втрату працездатності машин і їх складових частин є зношування деталей з'єднань внаслідок тертя.

Процес тертя має складну природу і супроводжується комплексом явищ механічного, фізико-механічного, хімічного, теплового, металургійного, електричного характеру, що приводять до руйнування (зношуванню) поверхні.

Для впорядкування основних термінів в області тертя і зношування розроблені ДСТУ 2823, згідно яких деякі з них трактуються таким чином:

- зношення – процес відділення матеріалу з поверхні твердого тіла і (або) збільшення його залишкової деформації при терті, що виявляються в постійній зміні розмірів і (або) форми тіла;

- знос – результат зношування, визначуваний у встановлених одиницях (одиниці довжини, об'єму, маси)

- швидкість зношування – відношення значення зносу до інтервалу часу, протягом якого він виник;

- інтенсивність зношування – відношення значення зносу до

обумовленого шляху, на якому відбувалося зношування, або об'єму виконаної роботи (км. пробігу, умов. ет. га і ін.).

Зношування є дуже складним процесом, залежним не тільки від значного числа зовнішніх чинників, але і від багатьох чинників, що викликаються самим процесом тертя. У зв'язку з цим при терті спостерігається велика різноманітність протікання процесів зношування, а значить і різноманітність видів зношування, одним з яких є абразивне зношування.

7.2 Характеристика абразивного зношування. Абразивне це механічне зношування матеріалу в результаті ріжучої або дряпаючої дії твердих тіл або твердих частинок. Тверді частинки можуть знаходитися в закріпленому або вільному стані.

Абразивне зношування може відбуватися при терті пов'язаних між собою деталей і має місце також при русі тіла в абразивному середовищі (працюючі органи ґрунтообробних машин, землерийних машин і ін.).

Абразивні частинки, що зношують, можуть потрапляти в з'єднання (з пилом ґрунтового походження, із забрудненим мастилом), що труться, знаходячись в матеріалі поверхонь (тверді структурні складові), або утворюючись в процесі тертя (продукти зношування).

Абразивне зношування характеризується деякими закономірностями, до яких, зокрема, відносяться наступні:

-знос, за інших рівних умов, пропорційний питомому навантаженню (при постійній площі контакту – пропорційний загальному навантаженню) і часу зношування;

-знос, за інших рівних умов, обернено пропорційний твердості поверхневого шару матеріалу.

Дана запропонована практична робота присвячена експериментальному дослідженню вказаних закономірностей.

7.3 Характеристика засобів, для виконання досліджень, методи обробки експериментальних даних. Для виконання досліджень застосовується універсальна машина тертя МІ-1М (Машина тертя типу Амслер).

На цій машині можна вести випробування при терті ковзання, при терті кочення, при терті прослизання як при мастилі, так і без неї. Машина забезпечена пристроєм, що дозволяє визначити сумарну роботу тертя.

Машина тертя МІ-1М призначена для випробувань антифрикційних матеріалів на тертя та зношування при коченні, коченні з прослизанням та ковзанні. У перших двох видах випробувань як зразки використовуються ролики (рис.1,а), в умовах тертя ковзання один ролик замінюється колодкою (вкладишем) (рис. 1,б).

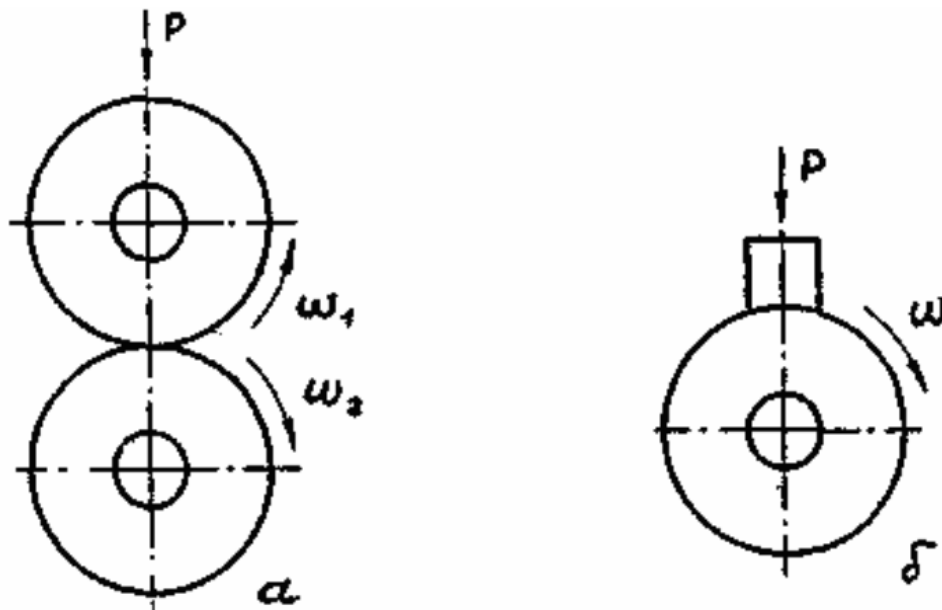


Рисунок 1 – Машина тертя МІ-1М

Кінематична схема установки представлена рисунку 2. Приведення в рух зразків 8 і 9 здійснюється від електродвигуна 1 за допомогою шестерень 2, проміжного 3 і допоміжного валів 6, шестерень з внутрішнім зачепленням 7 і змінних шестерень 11. Навантаження на зразки створюється пристроєм 12 з тарированою пружиною.

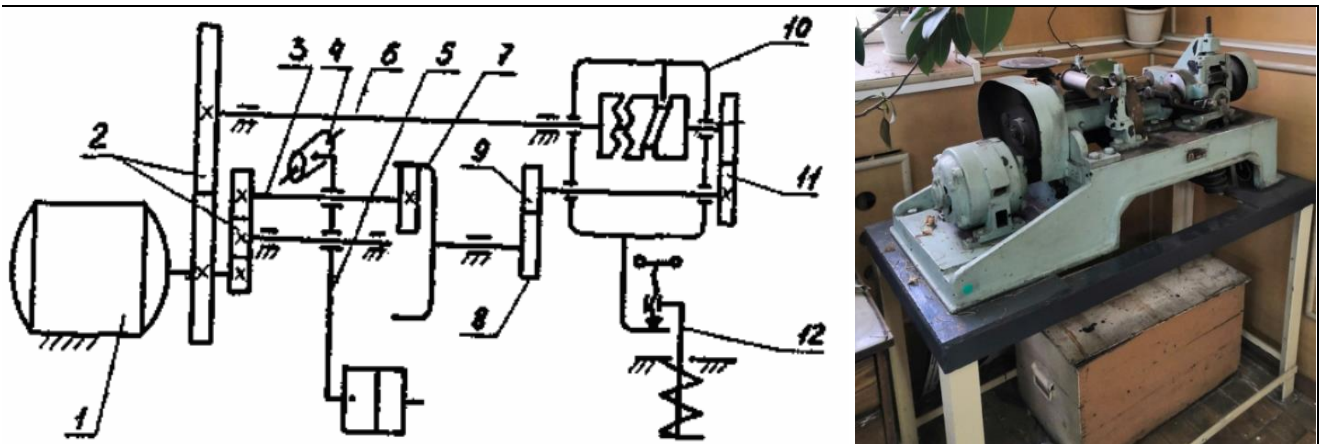


Рисунок 2 – Кінематична схема машини тертя МІ-1М

Величина прослизання верхнього ролика 9 щодо нижнього ролика 8 визначається установкою відповідних змінних шестерень 11; при випробуваннях в умовах чистого кочення привід верхнього зразка вимикається.

У даному дослідженні машина використовується для визначення закономірностей абразивного зношування при терті ковзання без мастила. Функцію абразивного матеріалу виконує абразивна шкірка, що розташовується між нерухомою колодкою і зразком-роликом, що обертається (рис.3).

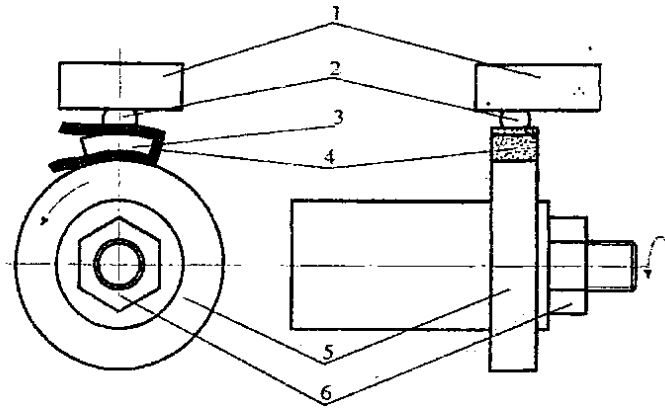


Рисунок 3 – Схема установки абразивної шкірки на машині тертя:
 1 – пластина верхнього валу; 2 – куля; 3 – колодочка; 4 – абразивна шкірка;
 5 – ролик; 6 – гайка нижнього валу

Машина тертя складається із станини, на якій закріплений електродвигун, що передає обертальний рух через зубчасту планетарну передачу на нижній вал. Частота обертання нижнього валу - 430хв^{-1} . На кінці нижнього валу (див. рис.1), закріплюється зразок-ролик діаметром 40мм і шириною 10мм. Верхній вал розташовується в кулькових підшипниках рамки, яка може повертатися навколо осі. На кінці верхнього валу закріплена пластина, в якій закарбована кулька. Через цю пластину і кульку передається навантаження від рамки на колодочку, встановлену заздалегідь на ролик. При даних випробуваннях обертання верхнього валу відключене, тобто колодочка нерухома.

Під час роботи машини, рамка, за допомогою черв'ячної передачі і ексцентрика здійснює осцилюючий рух уздовж осі нижнього валу з амплітудою 4мм, що забезпечує рівномірне зношування поверхні ролика і колодки.

Навантаження на зразок створюється під власною вагою рамки 150Н і може бути збільшене до 250Н зусиллям пружини.

Випробування зносу зразків в умовах тертя об абразивну шкірку виконуються при навантаженнях менших 150Н. У зв'язку з цим до рамки машини встановлений розвантажуючий пристрій. Зміною положення вантажу в 40Н можна надати три значення навантаження на зразок (вантаж переміщається на важелі): 40Н, 60Н, 80Н.

Оцінка величини зносу за даний проміжок часу випробувань визначається за втратою маси, тобто величина зносу визначається як різниця в масі зразка до і після випробувань. Для зважування застосовуються аналітичні терези АДВ-200.

Характеристика аналітичних терезів

- граничне навантаження – 200г;
- ціна ділення оптичної шкали – 0,1мг
- погрішність від нерівноплечності – $\pm 0,2\text{мг}$.

Для переходу від маси до лінійної величини зносу необхідно отримані дані по масі (Q) перевести в лінійний знос (U) по залежності:

$$U = \frac{Q}{\pi Dh \gamma} \times 10^6 \text{ мкм,}$$

де Q – величина зносу, г;
 h – ширина зразка, мм;
 D – діаметр зразка, мм;
 γ – питома маса зразка, $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$.

Величина зносу по масі і лінійного зносу заносяться в таблицю початкових даних.

Результати випробувань на машині тертя піддаються статистичній обробці. Необхідність статистичної обробки результатів випробувань на зношування викликана тим, що процес зношування відноситься до категорії випадкових процесів, а знос є випадковою величиною. Це пояснюється тим, що під дією численних непередбачуваних чинників величини зносу за один і той же проміжок часу не будуть однаковими, а відмінність їх носить випадковий характер. Застосування імовірно-статистичних методів обробки і аналізу експериментальних даних дозволяє знайти загальні закономірності, властиві даному процесу.

Статистична обробка експериментальних даних по першому варіанту дозволяє перевірити достовірність твердження про те, що зміна твердості матеріалу впливає на величину зносу.

При виконанні першого і другого варіантів завдання використовується метод найменших квадратів, за допомогою якого за наслідками експерименту оцінюються коефіцієнти рівняння, що імовірно характеризує лінійну залежність між двома величинами знос – час зношування або знос – навантаження.

Метод найменших квадратів базується на положенні про те, що якщо сума квадратів відхилень експериментальних крапок від даної лінії буде мінімальною, то ця лінія, зі всіх можливих ліній даного вигляду, з найбільшою вірогідністю характеризує в середньому досліджуваний процес.

7.4 Сучасні тенденції розвитку процесів випробування на знос. Одним з перспективних напрямів використання машин тертя є визначення наявності в змащувальних матеріалах протизносних і протизадирних присадок.

У ДБТУ розроблена і випускається чотирикулькова машина тертя ЧШМ «ОСА» (рис.2) для визначення якості (змащуючих властивостей) моторних масел; трансмісійних масел і пластичних мастил.

На сьогоднішній день це єдиний надійний і швидкий метод визначення протизносних і протизадирних властивостей будь-яких змащувальних матеріалів, який широко застосовується в Німеччині (DIN 51350) і США (S8TM D2783).

Це доводить і той факт, що чотирикулькова машина тертя вперше була зроблена 100 років тому фахівцями фірми Shell, що є ведучим виробником змащувальних матеріалів. Застосування ЧШМ дасть можливість купувати і застосовувати тільки якісні змащувальні матеріали, що приведе до збільшення ресурсу техніки, зниження витрат на обслуговування і ремонт, економії палива. За допомогою ЧШМ можна визначати терміни заміни масел. ЧШМ «ОСА» пройшла метрологічну атестацію згідно ДСТУ 3215.



Рисунок 4 – Загальний вид чотирикулькової машини тертя ЧШМ «ОСА»

8 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

8.1 Протерти зразок № 1, зважити на аналітичних терезах і результати занести в таблицю початкових даних (табл. 1.)

8.2 Підняти навантажуючи рамку на машині тертя, встановити і закріпити зразок, закріпити абразивну шкірку на колодці, спустити важіль вантаження.

Таблиця 1

Дослідні дані результатів абразивного зношування на машині тертя

(найменування зразків)

№ дослідю	Маса зразка, г, випробовуваного при навантаженні, Н								
	40			60			80		
	До дослідю	Після дослідю	Величина зносу	До дослідю	Після дослідю	Величина зносу	До дослідю	Після дослідю	Величина зносу

8.3 Встановити на розвантажуючому пристрої машини тертя гирю в положення, відповідне навантаженню 40Н.

8.4 Включити машину тертя і провести зношування зразка протягом однієї хвилини.

8.5 Підняти важіль навантаження, зняти зразок і абразивну шкірку з колодки.

8.6 Протерти зразок, зважити його на аналітичних терезах і результат занести в таблицю 1.

8.7 Повторити пункти 3-6 при даному навантаженні три рази (три дослідю) і провести аналогічне випробування при навантаженні на зразок 60 і 80Н.

8.2 Обробка даних, що отримані при виконанні другого завдання.

Завданням статистичного дослідження є встановлення залежності між зносом U і навантаженням P при абразивному зношуванні і побудова графіка функції $U=f(P)$.

Відомо, що зв'язок між зносом і навантаженням при абразивному зношуванні об шкірку із закріпленим абразивом (при збереженні площі контактуючих тіл) визначається лінійною залежністю виду $U=cP$, що характеризує середнє значення зносу за певний час при даному навантаженні. Тут c - коефіцієнт пропорційності, постійний для даних умов випробувань.

Параметр c визначається за способом найменших квадратів по формулі:

$$c = \frac{\sum_{i=1}^n P_i U_i}{\sum_{i=1}^n P_i^2}$$

де P_i і U_i – навантаження і знос, відповідно при кожному досвіді.

Для зручності розрахунків складається допоміжна таблиця (табл. 2.).

Таблиця 2

Розрахункова таблиця для визначення параметра рівняння зношування

№ досліду	Навантаження, Р	Величина зносу, мкм	P^2	$P_i U_i$

Після розрахунку параметра будується графік, на якому наносяться експериментальні крапки, і проводиться лінія, відповідна даному рівнянню. (Данні для розрахунку додаток А).

9 КОРОТКІ ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

9.1 Перше включення машини тертя проводиться з дозволу і у присутності учбового майстра.

9.2 Підйом рамки вантаження машини тертя і зміну абразивної шкірки проводити тільки після повної зупинки шпинделя машини тертя.

10 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Мета роботи. 2. Завдання 3. Відповіді на питання самостійної підготовки до лабораторної роботи. 4. Методика дослідження: об'єкт дослідження, устаткування і вимірювальні засоби, методика виконання випробувань, методика статичної обробки експериментальних даних. 5. Початкові експериментальні дані (таблиці). 6. Допоміжні розрахункові таблиці. 7. Результати розрахунку статистичних параметрів і їх аналіз. 8. Відповіді на контрольні питання. 9. Висновок.

11 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

11.1 Чому при дослідженнях процесу зношування необхідне застосування статистичних методів обробки експериментальних даних?

11.2 Поясніть методику зважування на аналітичних вагах.

11.3 Викладіть методику виконання експериментальних досліджень на машині тертя для перевірки гіпотези про рівність середніх значень величин зносу

при випробуваннях двох зразків.

11.4 Який статистичний метод використовується для опису передбачуваного рівняння зв'язку між величинами (знос-час зношування, знос-навантаження) і в чому його суть?

Додаток А

Приклад дослідних даних результатів абразивного зношування на машині тертя
ролики (ширина роликів 10мм, діаметр 40мм)

№ дослід у	Маса зразка, г, випробовуваного при навантаженні, Н								
	40			60			80		
	До дослід у	Після дослід у	Величи на зносу	До дослід у	Після дослід у	Величи на зносу	До дослід у	Після дослід у	Величи на зносу
1	50,124 50	50,123 45							
2	50,123 45	50,122 10							
3	50,122 10	50,121 25							
4				50,121 25	50,118 85				
5				50,118 85	50,117 40				
6				50,117 40	50,115 90				
7							50,115 90	50,107 90	
8							50,107 90	50,103 95	
9							50,103 95	50,098 95	

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

ОЧИЩЕННЯ СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ І ДЕТАЛЕЙ

1 МЕТА РОБОТИ

Ознайомитись з методами очищення зовнішніх поверхонь машин та їх агрегатів машин і деталей від забруднень.

2 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1. Способи очищення деталей.
2. Види забруднень поверхонь деталей машин та способи їх видалення.
3. Типи мийних машин для миття та очищення деталей від забруднень.

3 ЗАВДАННЯ

Ознайомитись з методами очищення деталей від забруднень; вивчити обладнання; ознайомитися з миючими засобами. Дослідити вплив тривалості миття на якість очищення виробу.

4 ЧАС ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Самостійна підготовка – 1 година;
Робота в лабораторії – 2 акад. години.

5 ЛІТЕРАТУРА

5.1 Основна

5.1.1 Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко та ін.; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. Підручник: (Затверджено МОН України як підручник для студентів ВНЗ, які навчаються за напрямом підготовки «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» від 21.06.10 № 1/11 – 545) – К.: Агроосвіта, 2014. – 665 с.

5.1.2. Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій. Навч. посібник / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, С.О. Лузан та інші. – Харків: ХНТУСГ, 2017. – 361 с.

5.1.3 Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин. Том 1. Навчальний посібник. / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, Т.С. Скобло та інші. – Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018. – 416 с.

5.2 Додаткова

5.2.1 Repair Technology of Machinery and Equipment. Lecture course. Textbook. / O. Sidashenko, O. Tikhonov, S. Luzan, and others. – Kharkiv: KhNTUA, 2017. – 340p.

5.2.2 Українсько-англійський словник термінів технологічних систем ремонтного виробництва. Навчальний посібник / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, Т.С. Скобло та ін. (Рекомендовано Вченою радою Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка

,протокол №10 від 30 червня 2016 року як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації). – Харків: ХНТУСГ, 2016. – 412с

6 ОСНАЩЕННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ

- Моніторна мийна машина «КерхерНД-655».
- Миючі засоби – «Лабомід-203», МС-8, ТСМ31, ТЕМП-110Д.
- Об'єкти дослідження (зразки з модельними забруднювачами, що моделюють різні види забруднень).
 - Ваги аналітичні АДВ-200.
 - ШтангенциркульШЦ-I-125-0.
 - Дрантя.
 - Індивідуальні засоби захисту (прогумований фартух, гумові рукавички, окуляри).

7 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Очищення машин, складальних одиниць від експлуатаційних та технологічних забруднень – складова частина технологічного процесу ремонту машин.

Досконалість процесу очищення деталей прямо впливає на надійність відремонтованих машин, продуктивність праці робітників, якість ремонту, загальну економічну ефективність та культуру виробництва.

При ремонті машин з поверхонь деталей видаляються:

- дорожньо-грунтові відкладення;
- олії та мастила;
- асфальтосмолисті відкладення (мазеподібні згустки, що відкладаються на стінках картерів, щоках колінчастих валів, розподільчих шестернях, масляних насосах, фільтрах і маслопроводах);
- лакофарбові покриття;
- лакові відкладення (плівки, що утворюються в зоні поршневих кілець, на спідниці та внутрішніх стінках поршнів);
- нагари;
- накип;
- продукти корозії;
- масляно-грязеві відкладення (зовнішня поверхня двигуна);
- технологічні забруднення (стружка, абразив, шлаки, окалина, пил, продукти зношування під час обкатування, притиральні пасти та ін.).

Класифікація способів очищення та миття двигуна та його вузлів та деталей наведена на рисунку 1.

Вибір способу очищення деталей залежить від виду забруднень, конструкції матеріалу деталей, обсягу виробництва, спеціалізації та інших факторів див. табл. 1.

Таблиця 1

Способи видалення забруднень

Способи очищення поверхні	Неорганічні забруднення	Масла та мастила	Асфальтосмолисті відкладення	Нагар	Продукти корозії	Стараякраска
Механічний						
Гідродинамічний (струмені високого тиску)	+	+	+	-	-	-
Механізований	-	-	-	+	+	-
Кісточкова крихта, Металевий пісок						
Віброабразивний	-	-	+	+	++	-
Фізико-хімічний						
Струмене очищення	+	+	+	-	-	+
Очищення зануренням	+	+	+	-	+	+
Комбінована	-	-	+	-	+	+
Очищення (занурення струминна)	+	+				
Ультразвукове очищення	-	+	-	+	+	-
Хіміко-термічний						
Лужний розплав	-	-	+	+	+	-

При виборі способу очищення необхідно виходити з можливості отримання найбільшої економічної ефективності, раціональної технології необхідної якості очищення.

7.1 Фізико-хімічні основи миючої дії розчинів. Миюча дія полягає у видаленні рідких і твердих забруднень з поверхонь і перекладу в миючий розчин у вигляді розчину дисперсій. Основними явищами, що визначають миючу дію, є змочування, емульгування, диспергування, піноутворення та стабілізація.

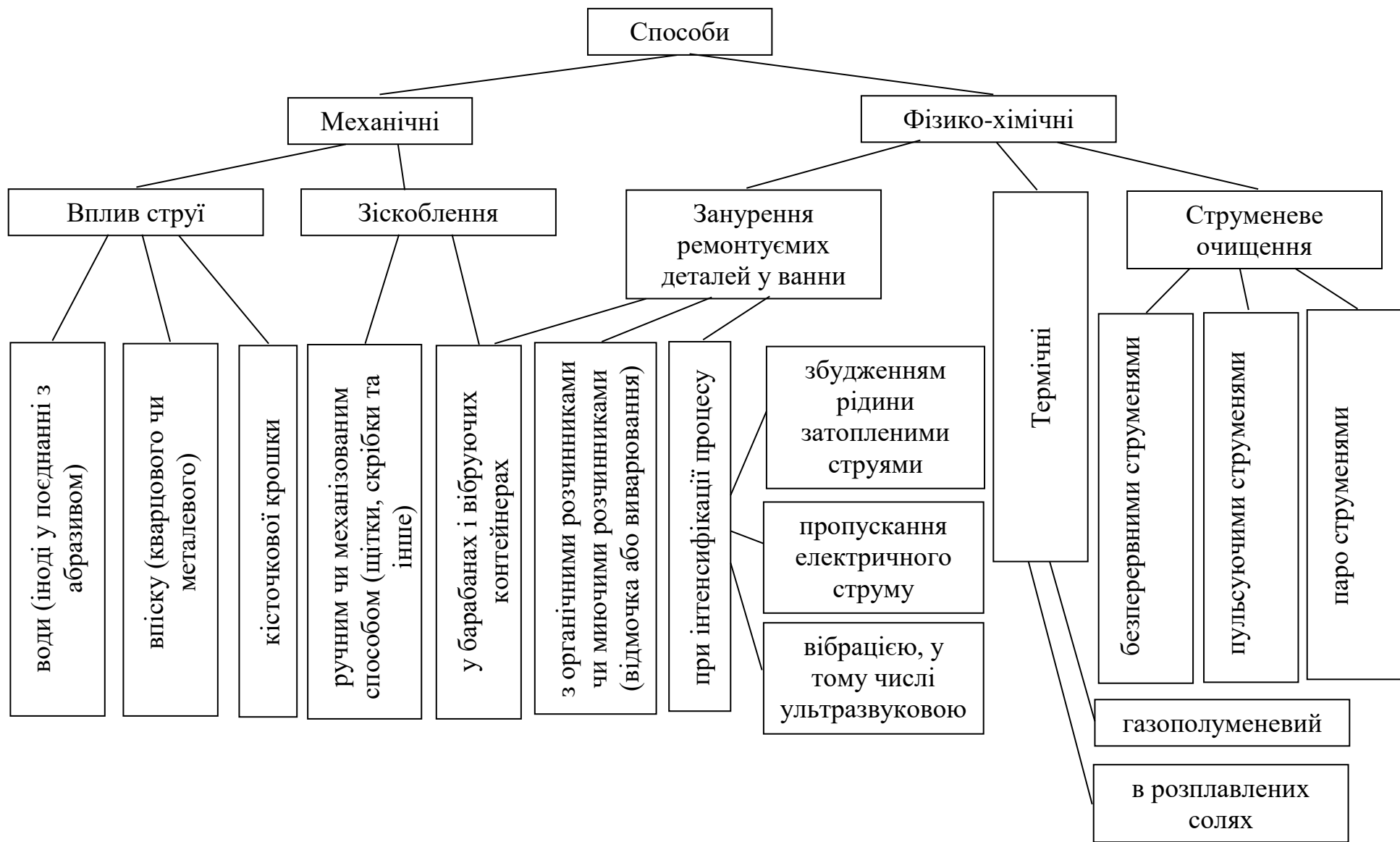


Рисунок1–Класифікація способів очищення складальних одиниць та деталей

В основі цих властивостей миючих складів лежить явище процесу адсорбції, який концентрує або накопичує молекули миючої середовища на поверхні забруднень. Чим вище адсорбційна здатність миючого складу, тим вища його якість і насамперед змочуваність.

Процес очищення деталей починається зі змочування забруднень мийним розчином. Змочувальна здатність складів залежить від поверхневого натягу миючої рідини. При малому поверхневому натягу рідина легко проникає в тріщини і пори між частинками забруднень, молекули її адсорбуються на поверхні частинок і, створюючи дію, що розклинає, відривають забруднення від поверхні деталі.

Вода погано змочує маслянисті забруднення, нагари та інші відкладення, але якщо у воду додати поверхнево-активні речовини (ПАР), то значно підвищується ефективність миття. ПАР послаблюють адсорбційні сили, що зв'язують метал з олійною плівкою. З іншого боку, вони сприяють диспергуванню (подрібненню) маслянистих крапель, тобто. полегшують перехід частинок олії в розчин. У процесі миття деталей утворюється емульсія, що є сумішшю дрібнодисперсних частинок масла і миючого розчину. Для того, щоб частинки масла повторно не осаджувалися на деталях в розчин додають емульгатори: рідке скло $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{SiO}_2$ або господарське мило, тринатрийфосфат $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Емульгатори, молекули яких адсорбуються на поверхні крапель рідкої фази, перешкоджають злиттю та випаданню з них миючого розчину.

Здатність миючих складів утримувати протягом певного часу частинки забруднень у зваженому стані, називається стабілізуючою здатністю складу.

У процесі очищення деталей миючий склад забруднюється. З метою очищення миючих складів у них додається піноутворюючі ПАР. Піна спливає на поверхню миючих складів, забираючи частинки забруднень, що прилипли. Видалення піни проводиться періодично шляхом продування повітрям, парою, підйому рівня рідини у ванні або іншими способами.

Розглянутий механізм очищення деталей характерний для забруднень, утворення яких не пов'язане з хімічними перетвореннями поверхневих шарів металу виробу. Такі забруднення, як корозія, нагари, мають дуже міцне зчеплення з поверхнею деталей, що очищаються.

Для видалення подібних забруднень застосовують обробку розчинами кислот і розчині солей. Від накипу деталі очищають у розчині соляної кислоти з концентрацією 5-10%, який додають інгібітори (уротропін, хромпик $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) з метою запобігання корозії металів. Для видалення накипу також використовують розчини молочної, оцтової та фосфорної кислот. Очищення деталей здійснюється зануренням їх у ванну з кислотним розчином при температурі 30-50°C, а також, що краще, шляхом циркуляції розчину.

7.2 Миючі засоби та їх компоненти. Велике поширення у всіх процесах набули синтетичні миючі засоби (СМС), основу їх складають ПАР (синтамід-5, синтанолДС-10), активність яких підвищена введенням лужних розчинів. Склад СМС для струминних та занурювальних способів очищення наведено в табл. 2.

Зазначені СМС випускаються у вигляді сипучого, гігроскопічного білого

або світло-жовтого порошку. Вони нетоксичні, не горючі, пожегобезнебезпечні і добре розчиняються у воді. Розчини СМС допускають одночасне очищення деталей з чорних і кольорових металів і сплавів, забезпечують багаторазове використання миючого розчину зазамкнутим циклом.

Агрегати та деталі, що підлягають не тривалому зберіганню (10-15 днів), не потребують після очищення розчинами СМС додаткової антикорозійної обробки, яка забезпечується за рахунок силікатів (ме-тасилікат натрію $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, рідке скло $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$), що входять у склад СМС.

Таблиця 2

Склад технічних миючих засобів загального призначення

Найменування	Марка та склад миючих засобів, % маси						
	Лабомід		МС				Темп
	101	203	6	8	15	16	
Сода кальцинована Na_2CO_3	50	50	40	38	44–32	40	40,5
Тринатрійфосфат $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	–	–	–	–	–	–	20
Триполіфосфатнатрію $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	30	30	25	25	22	26	16
Метасилікатнатрію $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	16,5	10	29	29	28	28	20
Сінтанол ДС-10	3,5	8	6				1,5
Карбамід							2,5
Синтамід-5				8			
Алкілсульфати		2					
Оксифоз-Б					6–8		
Синтамід-510						4	
ОксифозКД							0,5

Засоби «Лабомід-101» та МС-37 призначені для машин миття струминного типу, а засоби «Лабомід-203» та для машин занурювального типу. Препарати «Темп» ефективніше, ніж засоби «Лабомід» і СМС і, крім того, засоби «Темп-100А» мають підвищену пасивуючу дію по відношенню до поверхні, що очищається.

Робочі концентрації розчинів СМС залежать від забрудненості поверхні та становлять 10–30 г/л. Найкраща миюча дія розчинів проявляється при температурі 80–85°C, для миючого засобу «Темп-100» – 60–75°C. При цьому лужність миючих розчинів є найважливішим фактором, що визначає ефективність очищення – здатність розчинів нейтралізувати кислі компоненти забруднень, обмиляти олію, знижувати жорсткість води. Загальна лужність визначається титруванням кислотою з індикатором метилоранжем, а активна – титруванням з фенолфталеїном. Миюча дія розчинів залежить тільки від рівня активної лужності. Показником лужності є водневий показник рН.

Втрата миючої здатності розчинів викликається зазвичай їх розведенням. Велика частка лужних компонентів витрачається на реакцію із забрудненнями і пом'якшенням води.

На ремонтних підприємствах для поповнення витрат воду в розчин доливають, але не завжди доповнюють необхідну кількість лугу або СМС. Природно, що за цих умов через 2-3 дні миюча здатність розчину різко знизиться, оскільки він виявляється сильно розбавленим. У цьому важливе значення набуває контроль концентрації розчину. Найбільш простим способом перевірки концентрації лужних препаратів у водних розчинах є визначення їх лужності. Деталі з міцними забрудненнями, наприклад, асфальтосмолистими відкладеннями, необхідно очищати при рН рівному 10 ... 11,5. При зниженні рН необхідно додавати активні луки. Для видалення асфальтосмолистих відкладень і мінеральних масел широкого поширення набули розчинювально-емульгуючі засоби (РЕМ).

При зануренні деталі в РЕМ, яке застосовується в чистому вигляді або суміші з іншими розчинниками, очищення відбувається за рахунок розчинення. Потім деталь занурюють у чисту воду або водний розчин СМС, і відбувається емульгування розчинника і забруднень, що залишилися, і перехід їх в розчин, що забезпечує необхідну якість очищення.

АМ-15, МК-3, «Термос», «Емульсин» застосовуються для видалення асфальтосмолистих відкладень (АСО) з деталей двигунів, а «Лабомід-312» і Ритм – для очищення деталей двигуна від вуглецевих відкладень, старих лакофарбових покриттів та АСО.

Особливістю РЕМ є підвищена токсичність (Ритм), деяка вогнебезпечність та помірна токсичність (АМ-15). Застосовувати ці засоби необхідно в герметизованих машинах занурювального типу з дотриманням особливих заходів безпеки. Орієнтовне порівняння розчинів СМС та РЕМ при однаковому способі застосування в занурювальних машинах показує, що РЕМ у 5-15 разів ефективніший за розчини СМС. Крім того, при використанні РЕМ витрачається в 3-5 разів менше теплової енергії, ніж у разі застосування СМС.

7.3 Контроль якості очищення деталей. Якість очищення виробів оцінюється за залишковою забрудненістю поверхні ваговим методом відповідно. Залишкова забрудненість k визначається за формулою

$$k = \frac{m_2 - m_1}{A},$$

де k – залишкова забрудненість, $г/м^2$; m_1 – маса чистого зразка, еталона, кг; m_2 – маса зразка після очищення, кг; A – площа забрудненої поверхні, $м^2$.

Порівнюючи очищені зразки з зразками можна швидко і з достатньою точністю оцінити миючу здатність різних засобів та процесів.

Оцінити якість очищення можна також протиранням поверхні фільтрованим папером, паперовою серветкою, білою тканиною або ватним тампоном. При цьому наявність бруду на серветці після протирання кількісно можна оцінити зважуванням. Чистоту поверхні контролюють змочуванням після ополіскування виробу в гарячій, а потім у холодній воді – безперервності шару води, тобто. без його розривів. Величина допустимої залишкової

забрудненості поверхні деталей, що надходять на складання, становить $0,1 \dots 0,25 \cdot 10^{-4}$ кг/м² і залежить від шорсткості поверхні і конфігурації і деталей.

Поверхня, що містить $0,25 \cdot 10^{-4}$ кг/м² забруднень, є прийнятною для загального очищення у ремонтному виробництві.

Щодо виробничих умов ремонту вимоги щодо допустимої забрудненості такі:

1. При зовнішньому очищенні машин поверхні складальних одиниць повинні бути очищені від дорожньо-грунтового бруду, льоду та олій. Наявність в окремих місцях сухого бруду допустима, якщо ці забруднення не закривають кріпильних елементів і не перешкоджають роботі з інструментом.

2. При очищенні складальних одиниць необхідно видалити масло з картерних порожнин і зробити їх промивання від залишків мастил. Чим краще очищені вузли та агрегати, тим менше забруднюються руки робітника та інструмент при подальшому їх розбиранні на деталі.

3. Чистота поверхні деталей обумовлена вимогами щодо наступних технологічних операцій - дефектації та відновлення (зварювання та механічна обробка). Для цих випадків буде достатній такий ступінь чистоти, коли на руках робітника, міряльного та ріжучого інструменту не залишаються сліди масел, смолистих частинок і піску. Цей ступінь чистоти контролюють паперовою серветкою або лейкопластирем. Якщо при накладенні серветки або лейкопластиру на контрольовану поверхню на них не буде слідів олії чи смол, то таку поверхню можна вважати досить чистою для ремонтного виробництва і задовольняти вимогам.

4. Перед складання деталі двигуна повинні бути очищені від виробничих забруднень (стружка, окалина, абразив, пасти і т.п.). Особливо це стосується таких відповідальних деталей, як блок циліндрів, головки циліндрів, колінчастий вал, шатуни та інші.

Основною вимогою при цих операціях є повна відсутність стружки і абразиву, як на поверхні, так і в каналах і кишнях.

7.4 Влаштування і робота обладнання. Відповідно до розробленої системи мийних машин конструкції мийних машин діляться на такі типи: моніторні, струменеві, занурювальні, комбіновані, циркуляційні та спеціальні.

Моніторні мийні машини призначені для гідродинамічного очищення зовнішніх поверхонь машин та їх агрегатів. Сутність гідродинамічного очищення полягає в подачі на поверхню, що очищається, водяного струменя або миючого розчину під тиском 10-20 МПа. Комплексна дія динамічного напорю струменя, температури та миючих засобів забезпечує ефективне видалення з поверхні різних забруднень.

Представниками цього типу мийних машин є моніторна мийна Karcher, Profinstrument ET 7.5, Einhell, Stihl та ін (рис. 2, табл. 3).



а



б



в



г



д

Рисунок 2 – Зовнішній вигляд пересувних машин, що застосовуються для зовнішнього миття транспортних засобів та агрегатів: а–мийка високого тиску karcher hd 655 s; б –мийка високого тиску Stihl RE 130 Plus; -мийка високого тиску Einhell TC-HP 130; г –професійне миття високого тиску Profinstrument ET 7.5-4B; д –мийка високого тиску Karcher HDS 6/14-4 C

Таблиця 3

Характеристики моніторних мийних машин

Фірма виробник	Маркамашини	Показники				
		Тиск, бар	Подача, л/хв	Температура, С,мах	Потужність, кВт	Маса, кг
Без підігріву води						
Karcher	HD-655	130	10	-	3,1	25,0
Karcher	HD-790	150				
Karcher	HD-1090	230				
Stihl	RE 130 Plus	135	7,0	-	2,3	21,3
Einhell	TC-HP 130	130	6,5	-	1,5	70
З підігрівом води						
Karcher	HDS 6/14-4 C;	170	10	98	3,6	104
Profinstrument	ET 7.5-4B	225	2,5	-	7,5	91

За допомогою цих машин можна очищати різноманітні об'єкти холодною (до 60°C), гарячою (до 100°C) водою або пароводяною сумішшю (100-150°C) з ежекцією миючих засобів. Моніторні мийні машини поділяються на чотири основні групи:

- за виглядом виконання: пересувні та стаціонарні.
- за типом приводу: від електродвигуна, від двигуна внутрішнього згоряння.
- за виконанням насоса: аксіально-поршневий з похилим диском, плунжерний рядний (кривошипно-шатунний механізм приводу плунжерів насоса).
- за температурою води, що подається: без підігріву, з підігрівом, пороги-нератори.

Мийні машини умовно можна поділити:

- за видом виконання – на стаціонарні та пересувні;
- за типом приводу насоса – від електродвигуна, з пневматичним та гідравлічним приводами, від двигуна внутрішнього згоряння;
- по виконанню насоса – на аксіально-поршневі, радіально-поршневі та рядні;
- за конструкцією насосного агрегату – на моноблочні, редукторні та фланцеві;

– за температурою води, що подається – з підігрівом, без підігріву, парогенератори. Гідравлічна моніторна мийна машина працює за принципом, що полягає в наступному (рисунок 3): вода через водяний фільтр 9, завданням якого є забезпечення захисту насоса від попадання піску та інших механічних частинок, надходить у головку циліндрів. Насос створює тиск і нагнітає воду через перепускний клапан 15 напірний шланг високого тиску 1, потім подає пістолет 2 і через насадку 5 (турболазер) назовні, на поверхню, призначену для очищення. Тиск на виході можна змінювати рукояткою 3 регулятора тиску і контролювати за манометром 4. При підвищенні тиску вище норми відкривається вбудований в систему запобіжний клапан 10 вода знову подається на вхід насоса, тим самим запобігаючи його пошкодження. Під час роботи машини в автоматичному режимі активізацією ручки пістолета 2 забезпечується перетікання води через змішувач 14 і включається машина. Якщо ручка більше не активізується, вода циркулює через перепускний клапан 11 і машина зупиняється. Через активізацію ручки пістолета 2 відбувається повторне включення. Під час роботи машини в ручному режимі відбувається забір води з будь-якої ємності (бака). Якщо ручка пістолета не активується протягом 4 хв, машина вимикається. Миючий засіб подається в систему через інжектор 13 окремої ємності, куди опускається шланг. Після повороту рукоятки регулятора тиску машина автоматично засмоктує миючий засіб і подає його разом з водою турболазер 5.

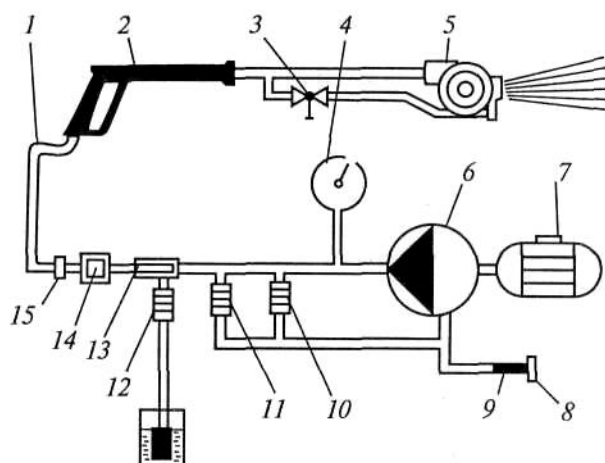


Рисунок 3 – Гідравлічна схема моніторної мийної машини: 1 - шланг високого тиску; 2 – пістолет-розпилювач; 3 – рукоятка регулятора тиску; 4 – манометр; 5 – турбозасадка (насадка змінна); 6 – насос; 7 – електродвигун; 8 - роз'єм для приєднання шланга подачі води; 9 – водяний фільтр; 10 – запобіжний клапан; 11 – перепускний клапан; 12 – кульовий клапан подачі миючого засобу; 13 – інжектор; 14 – змішувач; 15 – перепускний клапан

Наприклад: Мийка Karcher HDS 6/14-4 C є високопродуктивним однофазним апаратом з функцією підігріву води. Забезпечує швидке видалення масляно-жирових забруднень та заощаджує миючі засоби. Агрегат обладнаний чотириполюсним мотором та надійним пальником з високою теплопродуктивністю.

Устаткування має трипоршневий насос із латунною головкою та сталевими поршнями. Міцний пластиковий корпус забезпечений транспортувальним шасі та зручною рукояткою. Система AntiTwist запобігає перекручуванню шланга. Пістолет з ергономічною ручкою оснащений регулятором ServoControl для зміни витрати та напору води. Також дана модель має систему SDS, що компенсує перепади тиску.

7.5 Зовнішня мийка. У практиці найбільш широкого поширення набув метод струминного очищення під високим тиском (гідродинамічне очищення), що застосовується для зовнішнього миття автомобіля та агрегатів.

Принцип видалення забруднень за допомогою струменя полягає в механічному руйнуванні шару забруднень, його зв'язків, званих адгезійними, з очищуваною поверхнею за рахунок нормальних і дотичних напруг, які виникають при ударі рідини, що рухається (вода, миючий розчин) про перешкоду.

Забруднення видаляються в тому випадку, якщо сила удару (ударний імпульс) струменя об поверхню об'єкта очищення перевершує хоча б одну з міцності адгезійно-когезійних характеристик забруднень, таких, як міцність на стиск, вигин, зсув, сила адгезії та ін.

Для перетворення потенційної енергії напору рідини на кінетичну енергію струменя застосовуються спеціальні насадки. Насадками різного

профілю та розміру формують струмені рідини. Наприклад, насадки з круглим отвором на виході дають різкий, суцільний і зосереджений струмінь, який може проникати через шар забруднень для відділення їх знизу від поверхні, що очищається і дає можливість очищати важкодоступні місця. Насадки з щілинним виходом видають плоский віяловий струмінь з кутом 15 - 120°. При малих кутах струмінь виходить плоский і різкий зі значною силою удару. У міру збільшення кута струмінь розширюється, але сила удару помітно знижується. При великих кутах струмінь - плоский широкозахватний. У порівнянні зі звичайними насадками насадки високого тиску мають більш чітко окреслений концентрований струмінь. В результаті - тісно пов'язані крапельки води збільшують силу удару струменя в 1,5 рази.

Насоси, забезпечені шлангами та пістолетами-розпилювачами, відносяться до найпростіших установок, які реалізують метод гідродинамічного очищення. Якісне і, що важливо, високопродуктивне очищення поверхонь забезпечується шляхом підвищення ударної дії струменя в сукупності з високою температурою води і великою швидкістю струменя (170-250м/с), зумовленим високим напором перед насадкою (до 200-220кгс/см²).

Для підвищення якості очищення та полегшення праці використовуються:

1) Насадки:

- насадки високого тиску, що забезпечують форму і площу сліду струменя на поверхні, що очищається. Насадки мають постійний кут розпилу (0, 15, 25, 30, 40 і 60°) або змінним (від 0 до 90°), регульованим у процесі очищення від мінімального до максимального значень. При куті розпилу 0° - струмінь концентрований, з великим ударним імпульсом, проте площа очищення невелика. Збільшення кута розпилу розширює струмінь - струмінь стає плоским, віяловим і широкозахватним, але ударний імпульс значно знижується;

- турбонасадки, в яких зосереджений струмінь рідини, обертаючись зі швидкістю 4000 хв⁻¹, описує конусну поверхню. Хороша здатність, що очищає, досягається високим ударним імпульсом (на відстані 20 см від насадки значення ударного імпульсу становить більше 70 %), а велика площа очищення - обертанням струменя;

- турболазер - насадка, яка змінює структуру рідини, що надходить на поверхню, що очищається. Кожна крапля води турболазера в 10 разів більша і важить у 1000 разів більше, ніж у машинах із звичайними насадками. Дрібні краплі рідини втрачають свою силу, впливають з ефектом, що слабшає, через опір повітря, а великі вдаряють по поверхні, що очищається, зі швидкістю 600км/год. Це призводить до виникнення потужного ударного імпульсу, величина якого на відстані 20см від насадки становить 90%, тоді як для звичайних машин - 50 %, а для турбонасадки - 70 - 75%.

2) Миючі засоби - високоефективні склади для видалення забруднень. Дозволяють з більшою ефективністю здійснювати процес очищення від забруднень. Зазначимо, що номенклатура миючих засобів відрізняється значною різноманітністю. Однак, практично всі вони мають негативну якість завдавати шкоди навколишньому природі через те, що більшість з них важко

розкладаються на ґрунті і у воді водоїм, річок, мають здатність накопичуватися в тканинах організмів рослинного і тваринного походження, нерідко і самі засоби, змішуючись із забрудненнями, беруть активну участь у порушенні екологічного балансу в природі. Тому миючі засоби повинні мати не тільки високу активність до різних забруднень, але й характеризуватись низькою токсичністю, водорозчинністю, пожежобезпечністю, біорозкладальністю. У моніторних мийних машинах рекомендується застосовувати універсальні біорозкладнімиючі засоби.

Процес проведення мийно-очисних робіт характеризується такими основними показниками:

- динамічним тиском струменя води (сила удару);
- Витратою води;
- температурою води;
- застосовуваними миючими засобами.

Один із найважливіших показників, що характеризують очисну здатність струменя, - сила удару струменя об поверхню. Вирішальний вплив на підвищення сили удару мають чотири фактори:

- форма струменя,
- витрати води,
- тиск, що розвивається насосом,
- відстань від насадки до поверхні, що очищується.

Збільшення сили удару струменя пропорційно витраті води і тиску її закінчення, з чого випливає, що, оскільки вода - це цінний продукт, що лімітується, і тим більше, що за нього необхідно платити, значить, підвищення тиску – це найбільш реальна і ефективна умова підвищення сили удару. Висновок наступний – при постійному витраті води при підвищенні тиску ми маємо значне зростання сили удару.

Зі збільшенням відстані між насадкою і поверхнею, що очищається, величина ударного імпульсу зменшується по гіперболічній залежності. Радіус дії пістолета-розпилювача та турбонасадки лімітується відстанню 0,4 - 0,5м.

Зі зростанням тиску перед насадкою продуктивність роботи насоса значно зростає. Найбільша витрата води відзначається при застосуванні пістолета-розпилювача.

При тиску $140 \times 10^5 \text{ Па}$ витрати води досягають 16л/хв і перевищують витрати води при використанні турбонасадок на 14 - 28%.

Для зниження міжмолекулярних сил, що діють усередині забруднення, і зниження сил адгезії з поверхнею, що очищається, слід застосовувати підігрів води. Температура води вибирається в залежності від виду та складу забруднень, матеріалу поверхні, що очищається, вимог до якості очищення та ін.

8 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись із призначенням та пристроєм моніторної мийної машини.
2. Підключити машину до водопроводу та електроживлення.

3. Встановити та закріпити зразки з модельними забруднювачами на платформі захисної камери.

4. Направити струмінь води на модельні зразки, натиснувши на моніторі важіль.

5. Змінюючи час за секундоміром на різних зразках, з інтервалом 3с, змити модельні забруднювачі.

6. Вимкнути подачу води та вимкнути живлення мийної машини.

7. Оцінити якість очищення порозміряють і протиранням серветки з наступним зважуванням.

8. За завданням викладача виконати пункти

9. 2-7 – з подачею миючого розчину.

10. Дослідити вплив тривалості миття на якість очищення виробу із побудовою графічної залежності залишкових забруднень від часу очищення з визначенням оптимального часу очищення.

11. Прибрати робоче місце та здати звіт викладачеві.

9 КОРОТКІ ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

9.1 Перед початком робіт перевірте стан мийної установки (машини), справність душового пристрою, щільність кріплення трубопроводів, сальників, підігрівних пристроїв, вентиляції, заземлення

9.2 При виконанні робіт користуйтеся спецодягом та засобами індивідуального захисту: костюмом бавовняним з водостійким просоченням, чоботами гумовими, рукавичками гумовими, захисними окулярами.

9.3 При приготуванні та застосуванні миючих розчинів будьте обережні, т.я. при необережному засипанні препаратів можливе утворення "пилової хмари", а при розмішуванні розчину - розбризкування його та попадання на слизову оболонку очей. Розпаковувати мішки та висипати миючі засоби необхідно обережно, не пилячи, увімкнувши витяжну вентиляцію. При цьому користуйтеся респіраторами та захисними окулярами ін.

10 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Мета роботи та обладнання, що застосовується.
2. Відповіді на питання самостійної підготовки до лабораторної роботи.
3. Графік залежності залишкових забруднень від часу очищення.
4. Відповіді на контрольні питання
5. Висновки.

11 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Розчини для миття деталей.
2. Роль поверхнево-активних речовин під час очищення деталей.
3. Фізико-хімічні основи миючої дії.
4. Способи очищення миючих розчинів у мийних машинах.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСТИМИХ ГРАНИЧНИХ ЗНОСІВ І РОЗМІРІВ З'ЄДНАНИХ ДЕТАЛЕЙ

1 МЕТА РОБОТИ

Отримати навички використання показників, що розраховуються, для підвищення ефективності використання машинного парку.

2 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

- 2.1 Дайте визначення понять: надійність, справний стан, працездатний стан?
- 2.2 Дайте визначення понять: напруження та ресурс?
- 2.3 Які розміри деталей вважаються допустимими, а які граничними?
- 2.4 Способи і засоби вимірювання для визначення зносу деталі?

3. ЗАВДАННЯ

Ознайомитися з показниками та методиками розрахунку допустимих зносів. Розрахувати допустимі та граничні зноси та розміри деталей, що з'єднуються.

4 ЧАС ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Самостійна підготовка – 2 година;
Робота в лабораторії – 2 акад. години.

5 ЛІТЕРАТУРА

5.1 Основна

5.1.1 Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко та ін.; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. Підручник: (Затверджено МОН України як підручник для студентів ВНЗ, які навчаються за напрямом підготовки «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» від 21.06.10 № 1/11 – 545) – К.: Агроосвіта, 2014. – 665 с.

5.1.2 Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій. Навч. посібник / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, С.О. Лузан та інші. – Харків: ХНТУСГ, 2017. – 361 с.

5.1.3 Хітров І.О. Ремонт машин і обладнання. Навчальний посібник. / І.О. Хітров, В.С. Гаріш – Рівне: НУВГП, 2012. – 184 с.

5.1.4 Ремонт автомобілів: Навчальний посібник/ Упор. В.Я. Чабанний. – Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. – 720 с.

5.2 Додаткова

5.2.1 Надійність сільськогосподарської техніки: Підручник. Друге видання, перероблене і доповнене/ М.І. Черновол, В.Ю. Черкун, В.В. Аулін, Є.К. Солових, С.Г. Гранкін, О.В. Гранкіна. За ред. М.І. Чорновола. – Кіровоград, 2009. – 289 с.

5.2.2 Українсько-англійський словник термінів технологічних систем ремонтного виробництва Навчальний посібник. / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, Т.С. Скобло та ін. (Рекомендовано Вченою радою Харківського національного

технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка ,протокол №10 від 30 червня 2016 року як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації). – Харків: ХНТУСГ, 2016.– 412с

5.2.3 Теоретичні основи ремонту автомобілів для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» за освітньо-професійною програмою “Автомобільний транспорт”/Укладач: к.т.н., доцент Сасов О.О.– Кам’янське: ДДТУ, 2023 р.– 97 с.

6 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Надійність – властивість об'єкта зберігати у часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції у заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання та транспортування. Ця властивість визначає ефективність функціонування виробу у часі через показники.

Показник надійності – кількісна характеристика однієї чи кількох властивостей, складових надійності об'єкта. Будучи комплексною властивістю, надійність оцінюється через показники приватних властивостей – довговічність, безвідмовність, ремонтпридатність і збереження кожним окремо або в різних їх поєднаннях.

Безвідмовність – властивість об'єкта зберігати працездатність безперервно протягом деякого часу чи напрацювання. Виявляється воно як у режимі роботи, так і в режимі очікування.

Довговічність – властивість об'єкта зберігати працездатність до граничного стану з можливими перервами для технічного обслуговування та ремонтів. Довговічність поділяють на фізичну та моральну.

Фізична довговічність – це тривалість роботи машини в умовах експлуатації до капітального ремонту чи списання. Списання провадиться тоді, коли експлуатація стає небезпечною, технічно неможливою, а відновлення – економічно недоцільним.

Моральна довговічність – це тривалість роботи машини, після якої її конструкція стає технічно та економічно неефективною порівняно з новими типами машин.

Ремонтпридатність – властивість об'єкта, що полягає у пристосованості до підтримки та відновлення працездатного стану шляхом технічного обслуговування та ремонтів.

Зберігається – властивість об'єкта безперервно зберігати працездатний стан протягом та після режиму очікування, зберігання та транспортування. Виріб у період його застосування (експлуатації) може перебувати у справному, несправному, працездатному, непрацездатному стані. Особливий стан виробу – його граничний стан. Перехід із одного стану до іншого характеризується подіями – ушкодженням чи відмовою.

Справний стан (справність) – стан об'єкта, у якому він відповідає всім

вимогам нормативно-технічної документації (НТД). Несправний стан (несправність) - стан об'єкта, при якому він не задовольняє хоча б одну з вимог НТД.

Працездатний стан (працездатність) - стан об'єкта, при якому виріб здатний виконувати задані функції, що відповідають вимогам НТД.

Непрацездатний стан (непрацездатність) - стан об'єкта, при якому не виконується хоча б один параметр заданих функцій виробу, зазначених у вимогах НТД.

Граничний стан - стан об'єкта, при досягненні якого його подальше застосування (експлуатація) за призначенням є неприпустимим, неможливим або недоцільним.

Пошкодження – подія, що полягає у порушенні справного стану об'єкта за збереження його працездатного стану.

Відмова – подія, що полягає у порушенні працездатного стану об'єкта. Причина відмови – явища, процеси, події та стани, що викликали виникнення відмови. Об'єкти або вироби поділяються на ремонтовані та неремонтовані.

Ремонтований – це такий об'єкт, для якого можливість проведення ремонтів та технічного обслуговування передбачено НТД.

Неремонтований – це такий об'єкт, для якого ремонт та техобслуговування не передбачені НТД.

Абсолютна більшість машин та їх складальних одиниць відносяться до ремонтованих.

До неремонтованих можуть бути віднесені підшипники кочення, ремінні та зубчасті передачі, рукави високого тиску, манжети та ущільнення, фрикційні накладки, пружини та ін.

Напрацювання – тривалість чи обсяг роботи об'єкта.

Ресурс – напрацювання об'єкта від початку застосування до граничного стану. Найважливішими поняттями в теорії надійності є працездатний стан (працездатність) та відмова. Відмови вузлів та деталей можуть бути аварійними (випадковими) або природними (передбачуваними).

Аварійні – це, наприклад, деформації або поломки робочого інструменту технологічних машин, запобіжних клапанів через забруднення робочих рідин гідросистем, поломки зубів шестерень та ін.

Природні ушкодження та відмови виникають за нормальних умов експлуатації машин. До них відносяться абразивне зношування, втома поверхневих шарів, змінання поверхонь контакту. Качення без ковзання викликає втома поверхневих шарів. При коченні з відносним ковзанням спостерігаються втома і зношування (зубчаста пара). Кожному виду взаємодії деталей друг з одним відповідає власний вид відмови.

Показники надійності поділяють на одиничні та комплексні, розрахункові, експериментальні, екстраполовані, а також групові та індивідуальні. Одиничний показник надійності – показник, що характеризує одну з властивостей (наприклад, довговічність чи безвідмовність), що становлять надійність об'єкта. Комплексний показник надійності – показник, що характеризує одночасно кілька властивостей (дві та більше), що становлять

надійність об'єкта.

Груповий показник надійності служить з метою оцінки надійності сукупності виробів цього типу (виду, марки, моделі).

Індивідуальний показник призначений з метою оцінки надійності кожного виробу цього типу. Розрізняють показники безвідмовності об'єктів, що не відновлюються і відновлюються. Показники безвідмовності. До показників безвідмовності об'єктів, що не відновлюються, відносять: ймовірність безвідмовної роботи; середнє напрацювання до відмови; інтенсивність відмов.

Показники відновлюваних об'єктів включають: можливість безвідмовної роботи; напрацювання на відмову; параметр потоку відмов. Ймовірність безвідмовної роботи – це ймовірність того, що в межах заданого напрацювання відмова не виникне.

Середнє напрацювання до відмови T_0 - математичне очікування напрацювання об'єкта до першої відмови. Визначається як середнє арифметичне напрацювання всіх об'єктів N , встановлених на випробування.

Напрацювання на відмову T – відношення напрацювання об'єкта, що відновлюється, до математичного очікування числа його відмов протягом цього напрацювання: Якщо після кожної відмови об'єкт відновлюється до початкового стану, то цей показник дорівнює середньому напрацюванню до відмови. Для оцінки зміни властивостей безвідмовності у часі застосовують показники: інтенсивність відмов та параметр потоку відмов. Інтенсивність відмов $\lambda(t)$ – умовна щільність ймовірності виникнення відмови відновлюваного об'єкта, що визначається для даного моменту за умови, що до цього моменту відмова не виникла. Фактично інтенсивність відмов виражається числом відмов за одиницю часу.

Граничним зносом $I_{\text{гр}}$ або зазором $S_{\text{гр}}$ називається такий, при якому настає граничний стан деталі або сполучення, і їх подальша експлуатація повинна бути припинена, щоб уникнути аварійної поломки або різкого погіршення технічних або економічних характеристик машини. Таким чином, граничний стан деталей або пар у процесі їх експлуатації обумовлюється появою граничного зносу або зазору. Напрацювання деталі або сполучення від початку експлуатації та до граничного стану називається повним ресурсом деталі ТДП або сполучення ТСП. При ремонті відновлюється як працездатність машини, а й її міжремонтний ресурс. Таким чином, у процесі ремонту для подальшої роботи, на машині залишаються ті деталі або сполучення, залишковий ресурс яких дорівнює або перевищує міжремонтний ресурс машини або агрегату. Отже, *допустимим зносом* $I_{\text{др}}$ або зазором $S_{\text{др}}$ називається такий, при якому залишковий ресурс деталі або сполучення дорівнює міжремонтному ресурсу машини в цілому або її окремого агрегату. Величини граничних та допустимих зносів та зазорів встановлюються в результаті проведення спеціальних досліджень та наступних стендових та експлуатаційних випробувань. Значення граничних та допустимих зносів та зазорів для деталей та сполучення більшості марок машин наведено у виданих альбомах типової технології ремонту (дефектування та оцінка технічного стану). Для нових марок машин ці значення можуть бути прийняті за аналогією

з відомими.

Допустимий знос деталі є граничний параметр, призначення якого забезпечує надійну роботу верстата. Дана величина зносу є мірою визначення справності складових частин машини і істотно впливає на безвідмовне напрацювання, витрата запасних частин і періодичність ремонту. Методи визначення зносів, що допускаються, удосконалюються і доповнюються у зв'язку з розвитком науки, підвищенні вимог щодо безвідмовності та оновленням машин.

Розробці методів визначення зносів присвячено безліч наукових праць. Широке поширення мають методи, викладені у працях, де закони зносу визначалися за результатами експлуатації, а міжремонтний ресурс встановлювався за середнім ресурсом деталі, що зношується. У цьому розглядався прямолінійний характер зносу. За досвідченими даними визначалися як середні, і найбільш ймовірні значення зносостійкості, між якими встановлювалася загальна залежність.

Відповідно до схеми, представленої на рисунку 1 для розрахунку зносів деталей, що допускаються при ремонті, використовувалася формула

$$U_n = u_{np} - T_{mp} W_{cp}, \quad (1)$$

де u_{np} – граничне зношування деталі, мм; T_{mp} – міжремонтний ресурс вузла, од. напрацювання; W_{cp} – середня швидкість зношування деталі в процесі експлуатації машини, мм/од. напрацювання.

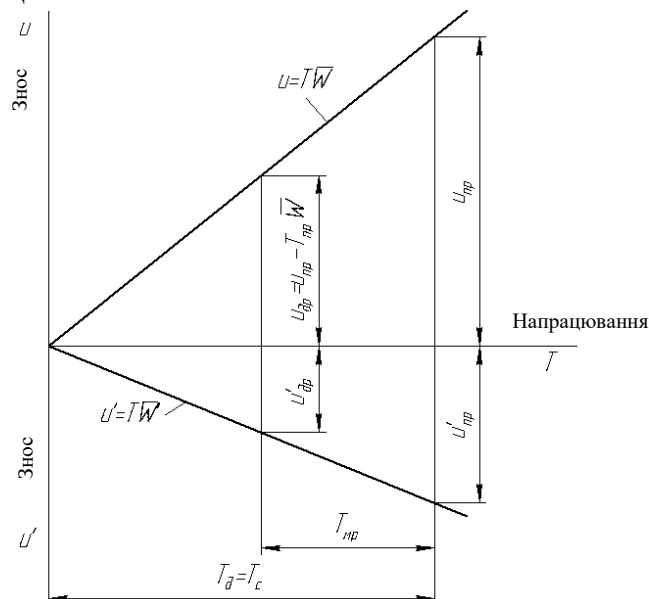


Рисунок 1 – Схема визначення ресурсу деталі, сполучення та зносу, що допускається

Аналогічним чином визначаються і зазори сполучення деталей, що допускаються.

До широкого застосування формули(1) призводила її наочність та простота. Але при цьому у перших методик існували серйозні недоліки, а саме: не враховані ймовірності безвідмовності елементів від зносів, що признаються. Крім того, не було рекомендацій щодо розрахунку економічної ефективності при встановленні допусків на знос. Розглядалася лінійна

залежність зносу, що зовсім не відповідає експлуатаційним умовам, що постійно змінюються.

Подальший розвиток пов'язаний із застосуванням ймовірнісних методів при визначенні зносів, що допускаються.

Закономірність зносу пропонується описувати випадковою статечною функцією:

$$U'(t) = V_c t^\alpha + Z + U_i, \quad (2)$$

$$U(t) = V_c t^\alpha + Z, \quad U(t) = U'(t) - U_i, \quad (3)$$

де $V_c t^\alpha$ – елементарна статечна функція; Z – помилка прогнозування; U_i – знос на підріток, мм; t – ресурс машини (або верстата), од. напрацювання; α – показник ступеня; V_c – Швидкість зношування, од. змін. зносу/од. напрацювання.

Ця функція дозволяє описати процес зношування досить точно.

Розглянемо найбільш відомі методики, що застосовуються для визначення зносів деталей машин, що допускаються.

Метод заснований на застосуванні критерію мінімуму витрат, пов'язаних як із запобіжною заміною або відновленням деталей, так і усуненням наслідків їх відмов при експлуатації».

Базова цільова функція зносу, що допускається, має вигляд:

$$G = \min_{0 \leq D \leq u_n} \left\{ \frac{AQ(D)}{T_c(D)} + \frac{C[1-Q(D)]}{T_c(D)} \right\}, \quad (4)$$

де $Q(D)$ – ймовірність відмови деталі; $T_c(D)$ – використований ресурс деталі, од. напрацювання; A – витрати на усунення наслідків відмови, грн.; C – витрати на попереджувальну заміну (відновлення) деталі, грн.

На рис. 2 представлені сумарна функція $G(D)$ та її доданки. Зв'язок аргументів функції з показниками зношування показано на схемі рисунок 3 з прикладу лінійних реалізацій з розсіюванням швидкості зносу.

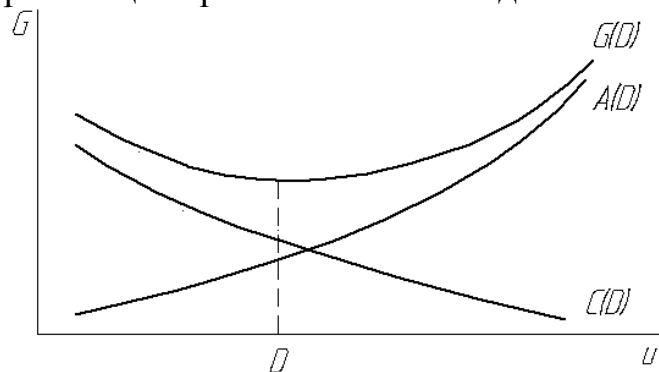


Рисунок 2 – Сумарна функція та її доданки залежно від зносу, що допускається

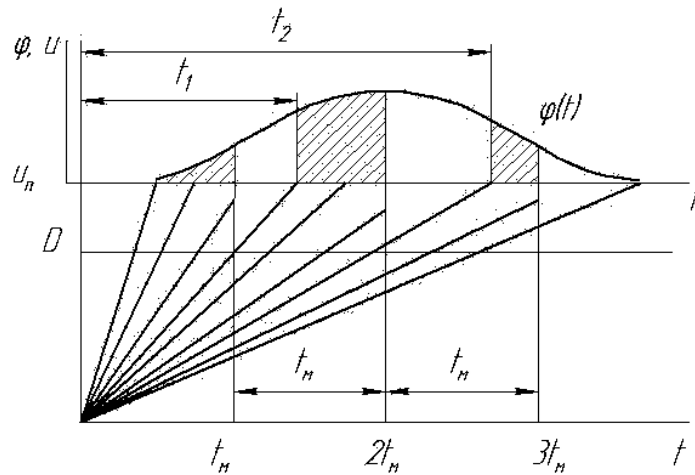


Рисунок 3 – Вплив зносу та міжремонтного напрацювання, що допускається, на відмову деталі

Врахування періодичності ремонту (або контролю) t_m , ймовірності усунення наслідків відмови в експлуатації з відповідними витратами, похибка вимірювань та інші фактори дозволили вдосконалювати цільову функцію (4). Тоді формула набула наступного вигляду:

$$G(D, t_m, \sigma) = \min_{0 \leq D \leq U_n} \left\{ \frac{A Q_y(D, t_m, \sigma) + C [1 - Q_y(D, t_m, \sigma)] + B K_n(D, t_m, \sigma) + S(D, t_m, \sigma)}{T_B(D, t_m, \sigma)} \right\} \quad (5)$$

де B – середні витрати на діагностування, грн.; K_n – число перевірок; T_B – середнє напрацювання, од. напрацювання.

Імовірність $Q(D, t_m, \sigma)$ показує розбіжність часу відмови та наступного його усунення (затримку). Погіршення стану машини (верстата) чи окремого вузла при зносі деталей відбивають витрати $S(D, t_m, \sigma)$.

Значення $Q(D, t_m, \sigma)$ і $T(D, t_m, \sigma)$ цільової функції знаходять за динамікою зносу, з допомогою спеціальних методик.

Крім того, запропонована наводиться, що враховує втрати від недостатнього використання ресурсу деталі, коли вона замінюється запобіжно:

$$L(T_p, T_d) = \frac{A \left[\int_0^{T_p} f(t) dt - \int_{T_p+T_d}^{\infty} f(t) dt \right] + B \int_{T_p}^{T_p+T_d} f(t) dt + C \left[\int_{T_p}^{T_p+T_d} f(t) dt - \int_{T_p}^{T_p+T_d} f(t) dt \right]}{\int_0^{T_p} f(t) dt + T_p \int_{T_p}^{\infty} f(t) dt}, \quad (6)$$

де T_p – вихідне напрацювання; T_d – рештковий ресурс; A – витрати, пов'язані з усуненням відмов в експлуатації; B – витрати, пов'язані з попереджувальним відновленням; C – питома вартість деталі.

У виразі (6) враховуються витрати пов'язані з недовикористанням ресурсів і усунення відмов.

Після отримання оптимальних значень T_p і T_d визначається оптимальний знос, що допускається:

$$U_d = U_{np} \frac{\varphi(T_p)}{\varphi(T_p + T_d)}, \quad (7)$$

де U_{np} – граничне зношування, що відповідає відмові, мм;

U_d – допустимий знос, мм;

$\varphi(T_p)$, $\varphi(T_p + T_d)$ – значення функції зміни параметрів.

Подання процесу зношування при цьому здійснюється відомою функцією V_{ct}^α . Однак одержувані зноси, що допускаються, далеко не завжди оптимальні, що пов'язано з випадковою швидкістю зносу і наявністю випадкових факторів що впливають на динаміку зносу.

Допустимий зазор у сполученнях визначається за формулою:

$$D_n = u_0 + \frac{P_n - u_0}{(1 + K)^\alpha} = u_0 + \Delta D_n, \quad (8)$$

де u_0 – початковий зазор, мм; P_n – граничний зазор, мм; α – показник інтенсивності зносу; $K = T_2/T_1$ – ступінь відновлення ресурсу; T_1 , T_2 – відповідно початковий та міжремонтний ресурси, од. напрацювання; ΔD_n – допустимий знос сполучення, мм.

Формула (8) добре працює за наявності двох міжремонтних інтервалів, але якщо деталь забезпечує 3, 4 і більше інтервалів міжремонтних напрацювань, то матиме місце недовикористання її ресурсу.

Подальший розвиток методів визначення зносів, що допускаються, отримав наступне. Запропоновано використовувати систему кількох значень зносів, що допускаються. Допустимий знос при цьому визначається перед кожним черговим періодом за формулою

$$D_i = \left(\frac{i \cdot t_m - t_m}{i \cdot t_m} \right)^\alpha \cdot U_p, \quad (9)$$

де i – порядковий номер періоду; t_m – величина міжремонтного періоду, од. напрацювання; α – показник ступеня функції зносу, мм; U_p – граничний знос, мм.

Аналіз залежності (9) показує збільшення D_i у кожному наступному міжремонтний період.

В іншому випадку в рівняння (9) вводиться додатковий член, що враховує відхилення від математичного очікування $z(u)$, який виражений середньоквадратичним відхиленням σ_u , помноженим на квантиль.

$$D_i^p = \left(\frac{i \cdot t_m - t_m}{i \cdot t_m} \right)^\alpha \cdot U_p \pm \sigma_u \cdot B, \quad (10)$$

Формули (9) та (10) дозволяють усувати неточність попередніх методик. Однак у деяких дослідженнях не враховується те, що граничне зношування U_p може бути випадковою величиною.

Аналіз відомих наукових праць виділяє технічні, техніко-економічні та економічні критерії, які є основою при оптимізації зносів, що допускаються. Формули та цільові функції враховують динамку зношування, напрацювання та періодичність ремонтів.

Однак відомо, що динаміка зношування однойменних деталей може змінюватись у зв'язку з нестабільністю різних факторів і випадковим

характером експлуатаційних умов. До того ж має місце імовірнісний зв'язок між величиною граничного зношування деталей машин і часом їх відмов. При цьому відсутні рекомендації щодо визначення зносів, що допускаються, з урахуванням ймовірності безвідмовності деталей у міжремонтному періоді та уточнення результатів залежно від зміни умов експлуатації машин, а також обліку вимог споживача.

7 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Вивчити методику розрахунку та визначення допустимих граничних зносів та розмірів деталей, що з'єднуються, та їх повного ресурсу.

1. Розглянути приклад розв'язання задачі.
2. Розв'язати задачу (Додаток А).
3. Відповісти на контрольні питання.

Приклад розрахунку. вихідні дані:

- середня швидкість зношування втулки по зовнішньому діаметру

$$W_{вт} = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ мм / мото-год};$$

- середня швидкість зношування пальця

$$W_{in} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ мм / мото-год. Інші вихідні дані наведено у таблиці 1.}$$

Таблиця 1.

Вихідні дані

Найменування деталей з'єднань	Розміри деталей за кресленням, мм	Початковий зазор, S_n , мм	Допустимий зазор $S_{др}$, мм	Граничний зазор, $S_{пр}$, мм
Втулка ведомої шестерні Палець веденої шестерні		0,030... 0,072	0,140	0,250

Визначаємо значення допустимого без ремонту $I_{др}$ та граничного $I_{пр}$ зношування, середньої швидкості зношування W_c та повного ресурсу $T_{сп}$ з'єднання. Для цього завдання можна використовувати такі рівняння:

$$I_{др} = S_{др} - S_{n \max} = 0,140 - 0,0072 = 0,068 \text{ мм};$$

$$I_{пр} = S_{пр} - S_{n \max} = 0,250 - 0,0072 = 0,178 \text{ мм};$$

$$W_c = W_{д1} - W_{д2} = 2,2 \cdot 10^{-5} + 1,2 \cdot 10^{-5} = 3,4 \cdot 10^{-5} \text{ мм/мото-год};$$

$$T_{сп} = I_{пр} / W_c = 0,178 / 3,4 \cdot 10^{-5} = 0,052 \cdot 10^5 \text{ мото-год},$$

де $S_{n \max}$ - максимальний початковий зазор у з'єднанні, мм; $W_{д1}$ і $W_{д2}$ - відповідно середня швидкість зношування першої та другої деталі з'єднання, мм/мото-год.

Отримані розрахункові значення W_c і $T_{сп}$ слід розглядати як середнє через можливі відхилення, насамперед унаслідок нестабільності умов експлуатації техніки. Граничні зноси деталей, що з'єднуються, можна визначити наступним чином:

$$I_{\text{пр}} = I_{\text{пр}} \cdot W_{\text{д1}} / W_{\text{с}} = 0,178 \cdot 2,2 \cdot 10^{-5} / 3,4 \cdot 10^{-5} = 0,115 \text{ мм},$$

$$I_{\text{пр пл}} = I_{\text{пр}} \cdot W_{\text{д2}} / W_{\text{с}} = 0,178 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} / 3,4 \cdot 10^{-5} = 0,063 \text{ мм}.$$

Міжремонтне напрацювання:

$$T_{\text{мр}} = (I_{\text{пр}} - I_{\text{др}}) / W_{\text{с}} = (0,178 - 0,068) / 3,4 \cdot 10^{-5} = 3200 \text{ мото-год.}$$

Допустимі зноси деталей складають:

$$I_{\text{др вт}} = I_{\text{пр вт}} - T_{\text{мр}} \cdot W_{\text{вт}} = 0,115 - 3200 \cdot 2,2 \cdot 10^{-5} = 0,045 \text{ мм},$$

$$I_{\text{др пл}} = I_{\text{пр пл}} - T_{\text{мр}} \cdot W_{\text{пл}} = 0,063 - 3200 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} = 0,025 \text{ мм},$$

Тоді допустимі без ремонту розміри деталей з'єднання в місці їх найбільшого зносу з урахуванням значень максимального діаметра отвору D_{max} і мінімального діаметра валу d_{min} , що приймаються за таблицею 1. визначаються таким чином для втулки:

$$D_{\text{др}} = D_{\text{max}} + I_{\text{др вт}} = 18,06 + 0,045 = 18,105 \text{ мм},$$

$$d_{\text{др}} = d_{\text{min}} - I_{\text{др пл}} = 17,998 - 0,025 = 17,973 \text{ мм}.$$

У висновку викреслюється розрахункова схема зношування деталей з'єднання в залежності від напрацювання T із зазначенням значень повного ресурсу з'єднань $T_{\text{сп}}$, допустимих без ремонту та граничних зношування деталей та зазорів у з'єднанні.

8 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Мета; 2.Завдання; 3. Розрахунок та визначення допустимих граничних зносів та розмірів деталей, що з'єднуються; 4.Відповіді на контрольні питання.

9 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Поясніть терміни: граничний стан (знос) машин, з'єднань і деталей.
2. Допустимі значення зносу деталей при ремонті машин.
3. Граничні значення зносу деталей при ремонті машин.
4. Залежність між допустимими та граничними значеннями зносу деталей під час ремонту машин.

Додаток А

Вихідні дані для розрахунку:

- середня швидкість зношування втулки по зовнішньому діаметру $W_{\text{вт}} = 2,6 \cdot 10^{-5} \text{ мм/мото-год.},$
- середня швидкість зношування пальця $W_{\text{пл}} = 1,4 \cdot 10^{-5} \text{ мм/мото-год.}$

Вихідні дані

Найменування деталей з'єднань	Розміри деталей по кресленню, мм	Початковий зазор, $S_{\text{н}}$, мм	Допустимий зазор $S_{\text{др}}$, мм	Граничний зазор, $S_{\text{пр}}$, мм
Втулка провідної шестерні				
Палець провідної шестерні		0,040 ... 0,082	0,180	0,280

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4

ДЕФЕКТАЦІЯ ТИПОВИХ ДЕТАЛЕЙ І З'ЄДНАНЬ МАШИН

1 МЕТА РОБОТИ

Вивчити способи та засоби вимірювання зносу, контролю деталей та сформувані професійні навички практичні навички з оцінки технічного стану деталей та з'єднань виконання технологічних процесів усунення несправностей машин та обладнання.

2 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

2.1 Перерахуйте основні причини відмови деталей вузлів і агрегатів технологічного обладнання.

2.2 По яких ознаках, на вашу думку, можна поділити деталі наспрані і несправні?

2.3 Які види вимірювальних інструментів ви знаєте? За допомогою яких методів виявляють приховані дефекти?

3 ЗАВДАННЯ

Познайомитись із переліком обладнання, приладів, інструменту. Виконати дефектацію типових деталей та сполучення (за призначенням викладача). Скласти та захистити звіт про виконану роботу.

4 ЧАС ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Самостійна підготовка – 2 години;
Робота у лабораторії – 4 акад. години

5 ЛІТЕРАТУРА

5.1 Основна

5.1.1 Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко та ін.; За ред. проф. О.І.Сідашенка, О.А.Науменка. Підручник: (Затверджено МОН України як підручник для студентів ВНЗ, які навчаються за напрямом підготовки «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» від 21.06.10 № 1/11 – 545) – К.: Агроосвіта, 2014. – 665 с.

5.1.2 Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин. Том 1. Навчальний посібник. / Сідашенко О.І., Тіхонов О.В., Скобло Т.С. та інші. – Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018. – 416 с.

5.1.3 Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій. Навч. посібник / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, С.О. Лузан та інші. – Харків: ХНТУСГ, 2017. – 361 с.

5.1.4 Ремонт сільськогосподарської техніки. Довідник / В.К. Аветисян, В.А. Бантковський, В.О. Деєв та ін.; За ред. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка – К.: Урожай, 1992. – 304с.

5.2 Додаткова

5.2.1 Repair Technology of Machinery and Equipment. Lecture course. Textbook. / O.Sidashenko, O. Tikhonov, S. Luzan, and others.– Kharkiv: KhNTUA, 2017.– 340 p.

5.2.2 Ремонт дизельних двигунів. Довідник. / За ред. Л.С. Єрмолова. – К.: Урожай, 1991. – 248 с.

5.2.3 Практикум з ремонту машин: Навчальний посібник / О.І. Сідашенко, Т.С. Скобло, В.А. Войтов та ін.; За ред. О.І. Сідашенка, О.В. Тіхонова. – Харків.: ХНТУСГ, 2007. – 415с.

5.2.4 Українсько-англійський словник термінів технологічних систем ремонтного виробництва. Навчальний посібник / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, Т.С. Скобло та ін. (Рекомендовано Вченою радою Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, протокол №10 від 30 червня 2016 року як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації). – Харків: ХНТУСГ, 2016. – 412с

6 ОСНАЩЕННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ

Мікрометри 25-50; 50-75; 75-100; 100-125; 125-150

Індикаторний нутромір НІ 50-100-1, 100-160-1

Штангенглибиномір ШГК-250-0,02

Штангенциркуль ШЦ-П-250-0,05

Штангенрейсмас ШР-250-0,05 з призмою

Штангензубомір тип ШЗН ТУ2-034-773-2004

Плитки еталонні, набір для визначення шорсткості поверхні

Шаблон для перевірки радіусу жолобника колінчастого валу

Скалка для перевірки співвісності ліжок корінних підшипників у блоці

Перевірювальна плита, призми, повірочна лінійка

Прилад для перевірки кулькових підшипників

Набір зношених деталей

Машини для випробування пружин МПП-100-2

Ваги ВЛКТ-500, ВЛР-200;

Стійка універсальна С-III, С-IV; Скоба індикаторна СІ-50, СІ-100;

Прилад КІ-040

Індикатори вартового типу ІЧ-10, ІПМ, 2ІПМ; Набори щупів №1, 2, 3;

Профілограф профілометр М-283, М-252;

Твердомір ТПП-2 (Віккерс);

7 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дефектація – операція технологічного процесу ремонту машин і обладнання, що полягає у визначенні ступеня придатності деталей і складальних одиниць, що були в експлуатації, до використання на об'єкті, що ремонтується.

У процесі дефектації деталей під час ремонту машин, зазвичай,

контролюють лише параметри деталей, які можуть змінюватися у процесі експлуатації. Багато контрольованих деталей мають кілька дефектів, кожен з яких вимагає перевірки. Для зменшення трудомісткості дефектації необхідно дотримуватися тієї послідовності, яка вказана в технологічних картах, де спочатку наведені дефекти, що найчастіше зустрічаються.

Основними завданнями дефектації є:

- визначення придатності вузлів та деталей до подальшої експлуатації;
- призначення виду ремонтно-відновлювальних робіт;
- контроль якості ремонтно-відновлювальних робіт.

Дефекти геометричних параметрів деталей та складальних одиниць (розмірів, форми, взаємного розташування робочих поверхонь) виявляють шляхом вимірювання та порівняння фактичних показників з даними нормативно-технічної документації, де наведено номінальні (або креслярські), допустимі та граничні розміри деталей.

Ступінь придатності деталей для повторного використання або відновлення встановлюють за технологічними картами на дефектацію. У них зазначені: коротка технічна характеристика деталі (матеріал, вид термічної обробки, твердість, розміри відновлення, відхилення форми та взаємного розташування поверхонь), можливі дефекти та способи їх усунення, методи контролю, допустимі без ремонту, та граничні розміри. Оцінку проводять порівнюванням дійсних геометричних параметрів деталей чи інших технологічних характеристик із припустимими значеннями.

Перевірку проводять за допомогою універсального вимірювального інструменту (штангенциркулі, мікрометри, індикаторні нутроміри, штангенрейсмаси, штангензубоміри, лінійки, щупи та ін.), спеціального вимірювального інструменту (калібри, скоби, пробки та ін.), а також за допомогою спец. обладнання (пружність пружин, поршневих кілець, вигин та скрученість шатуна і т.д.).

Підлягають відновленню вважають деталі, що мають зношування та інші відхилення, що перевищують допустимі за технічними умовами, але відновлення яких є економічно доцільним. До непридатних ставляться деталі з такими ушкодженнями, у яких відновлення їх неможливі і недоцільні.

Насамперед контролюють ті показники, якими найбільш вірогідний вихід за допустимі межі. Місця, що підлягають відновленню, позначають фарбою.

Придатні деталі після дефектації транспортують до комплектуючого відділення або складу, що вимагають відновлення – на ділянки з їх відновлення, непридатні — складу брухту.

Дефект –(від латів. *defektus* — вада, недолік) – кожна окрема невідповідність продукції (машини, вузла, деталі) вимогам, встановленим конструкторською (проектною) та/або нормативною документацією.

явний дефект – дефект, для виявлення якого в нормативній документації, обов'язкової для даного виду контролю, передбачено відповідні правила, методи та засоби;

прихований дефект – дефект, для виявлення якого у нормативній

документації, обов'язкової для даного виду контролю, не передбачено відповідних правил, методів та засобів;

критичний дефект – дефект, за наявності якого використання продукції за призначенням практично неможливе або недопустиме;

незначний дефект – дефект, який суттєво не впливає на використання продукції за призначенням та її довговічність;

значний дефект – дефект, який суттєво впливає на використання продукції за призначенням та (або) на її довговічність, але не є критичним;

усувний дефект – дефект, усунення якого технічно можливе та економічно доцільне;

непереборний дефект – дефект, усунення якого технічно неможливе або економічно недоцільне.

Конструктивні дефекти – дефекти, зумовлені неоптимальним вибором структури виробу, помилками у виборі конструктивних форм та розмірів деталей, помилками у виборі матеріалів деталей та доборі комплектуючих елементів, завданням помилкових вимог до якості виготовлення вузлів та деталей, неповним чи неякісним проведенням усіх розрахунків, необхідні визначення вимог до конструктивним одиницям виробу з урахуванням діючих навантажень і підтвердження надійності виробу.

Технологічні дефекти формуються в процесі виготовлення (або відновлення) деталей, складання конструктивних одиниць, складання та налагодження верстата або всієї автоматичної лінії. До технологічних можна віднести дефекти, зумовлені невідповідністю сировини, що використовується вимогами технологічної документації, порушенням технології виробництва продукції, некваліфікованими діями персоналу. За характером прояву технологічні дефекти можна поділити на механічні дефекти, невідповідності геометричної форми та шорсткості, невідповідності властивостей матеріалів, невідповідності електричних, магнітних, пневматичних та оптичних характеристик.

Дефекти експлуатаційного характеру обумовлені порушенням правил експлуатації виробу, умов зберігання та транспортування, інтенсивним використанням виробу, природним зношуванням. До цих дефектів відносяться механічні пошкодження у вигляді тріщин, сколів, подряпин, пластичних деформацій та розриву матеріалу, корозія, оплавлення, окалини тощо. Дефекти через порушення правил експлуатації виробу виникають через його використання не за функціональним призначенням, порушення процедур попередньої підготовки або роботи промислового обладнання, використання невідповідних допоміжних інструментів, оснащення та витратних матеріалів, інтенсивне використання обладнання при перевищенні його допустимої календарної продуктивності, недотримання умов довілля при функціонуванні устаткування, впливу агресивних середовищ.

Номинальні розміри – це розміри деталей відповідні конструкторській документації та робочим кресленням.

Допустимі розміри – це розміри деталей, за яких вона може бути поставлена на машину без відновлення та задовільно працюватиме протягом

передбаченого міжремонтного ресурсу.

Граничні розміри – це розміри деталей, при досягненні яких подальше їх використання неможливе або недоцільне.

Справжні розміри – це розміри, визначені вимірами із заданим ступенем похибки.

Добиватися високої якості робіт та післяремонтного ресурсу техніки неможливо без чіткої організації служби технічного контролю.

У процесі технічного контролю використовують відповідні засоби вимірювання для оцінки технічного стану деталей.

Зношування більшості деталей у рухомих сполученнях відбувається покривою, показаної рисунку 1.

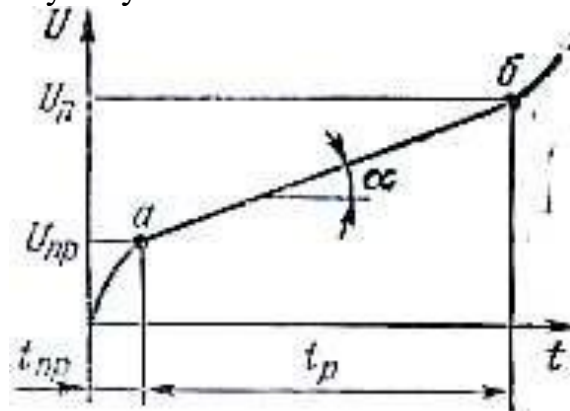


Рисунок 1 – Графік наростання зношування деталі за час її роботи:
 $U_{пр}$ – знос деталі за час приробітку; α – кут нахилу кривої нормального зношування; $U_{г}$ – граничне зношування деталі.

Особливість кривої зносу, якщо оцінювати її за тангенсом кута нахилу, що представляє швидкість зношування, проявляється у різній швидкості наростання зносу з початку роботи деталі. Початкова ділянка кривої, до точки а, має більш високу швидкість зношування і відповідає періоду часу приробітку $t_{пр}$, поверхні, що труться деталі. За час приробітку, що проводиться в процесі ремонту на етапі обкатки виробу, виникає початкове зношування деталі $U_{пр}$.

Починаючи від точки а знос поверхні, що труться, протікає приблизно з постійною мінімальною швидкістю зношування до точки б. Відрізок часу t між зазначеними точками має найбільшу тривалість і представляє період нормального функціонування поверхні, що труться деталі. За межами точки б швидкість зношування швидко наростає, що пов'язано з істотним збільшенням зносу, спотворенням геометричної форми деталі і значним зростанням зазору в поєднанні, що порушує умови мастила і призводить до зміни процесу зношування, що встановився раніше.

Природним зношуванням називається зношування, що викликається дією сил тертя, при якому величина його наростання пропорційна часу експлуатації.

Аварійне зношування інтенсивно наростає протягом короткого проміжку часу і досягає таких розмірів, при яких подальша експлуатація виробів стає неможливою через неприпустиме зниження технічних або економічних показників та появу відмови (аварії). Величина зношування в точці переходу

прямолінійної ділянки зношування в криволінійний (T_3) називається граничним ($I_{пр}$).

Деталі, що надходять на дефектацію, та сполучення з метою оцінки їх технічного стану та визначення можливості їх подальшої експлуатації або необхідності відновлення піддають:

1. Зовнішній огляд;
2. Перевірці на шум;
3. Перевірці постукуванням та прослуховуванням;
4. Замірами за допомогою універсальних вимірювальних інструментів (мікрометраж);
5. Гідравлічними або пневматичними випробуваннями;
6. Перевірці на наявність прихованих дефектів.

За результатами наявності прихованих дефектів поділяють на п'ять груп і маркують відповідною фарбою:

- Придатні для експлуатації (зеленої);
- Придатні для з'єднань з новими або відновленими до номінальних розмірів деталями (жовтою);
- що підлягають ремонту на даному спеціалізованому підприємстві;
- Підлягають ремонту на суміжному підприємстві (синій);
- Непридатні (червоний).

Внаслідок дефектації деталей та їх з'єднань складається дефектувальна відомість на заміну вибракованих деталей.

Відомість є основним документом для подальшого проведення ремонтних робіт, відновлювальних операцій, виявлення (визначення) потреби у запасних частинах та матеріалах, що визначають підсумкову вартість ремонту машини.

Способи та засоби вимірювання зносу та контролю деталей. Як було сказано вище, стан деталей, з'єднань та комплектних груп можна визначити шляхом огляду, перевіркою на дотик, перевіркою вимірювальним інструментом та спеціальними приладами, а також різними видами дефектоскопії.

Оглядом при розбиранні визначають комплектність вузла, зруйновані деталі (злами, тріщини, фарбування поверхні та ін), наявність відкладень (накип, кокс, лаки, нагар), течі олії, палива, води та ін.

Перевіркою на дотик визначають знос і змінання різьблення, наявність втомних раковин і луцення - провертання елементів кочення кулькових і роликів підшипників в обоймах, еластичність сальників, наявність зазорів і т.д.

Перевіркою постукуванням та прослуховуванням виявляють щільність посадки штифтів і шпильок в корпусах і кришках (щільно сидячий штифт або шпилька видають дзвінкий металевий звук), щільність посадки втулок, наявність тріщин.

Спосіб контролю деталей за допомогою універсальних вимірювальних інструментів зветься мікрометраж. Він дозволяє визначити фактичні розміри деталей, проміжки, натяги, відхилення від площинності, форми, профілю з точністю до 0,1мм; 0,01мм; 0,001мм. Для цих цілей використовують

штангенциркулі (ШЦ), мікрометри (МК), нутроміри індикаторні (НІ), штангенрейсмуси (ШР), штангензубомери (ШЗ), індикатори годинного типу (ІЛ, ІПМ, ІМГ), універсальні штативи, повірочні плити з призм та ін.

Мікрометраж дозволяє виявити: игин, конусність, корсетність, бочкоподібність, овальність, граненість.

Метод зважування полягає у визначенні маси деталі (зразка) для експлуатації та після. При цьому використовуються високоточні лабораторні або аналітичні ваги марок ВЛКТ-200, ВЛКТ-500, ВЛР-200, ВЛА-200 з точністю від 0,01 до 0,00001 г.

Метод профілактики використовується для визначення шорсткості, хвилястості поверхні зношених деталей та їх зносу на окремих ділянках із застосуванням спеціальних приладів профілактометрів М252 та профілактографів М283 (зі стрілочним та записуючим пристроями).

Метод штучних баз (за лунками та відбитками), запропонований М.М. Хрущёвими Е.С. Берковичем, полягає в нанесенні на досліджувану робочу поверхню деталі спеціальних заглиблень лунок (алмазним різцем) чи відбитків (алмазною пірамідою) з наступним контролем їх лінійних розмірів через оптичну систему приладів.

Методи виявлення прихованих дефектів – магнітна дефектоскопія, люмінесцентна, ультразвукова та рентгеноскопія (розглянуті докладніше на інших робочих місцях).

Контролює відхилення розмірів та форми робочих поверхонь деталі. Деталі ремонтного фонду мають знос робочих поверхонь та відхилення від встановленої геометричної форми, які виявляють за допомогою вимірювальних інструментів та приладів із необхідною для кожного випадку точністю.

Для перевірки розмірів деталей при дефектації служать калібри та універсальний інструмент. Для контролю валів використовуються граничні калібри-скоби, контролю отворів – калібри-пробки.

Універсальний інструмент включає штангенциркулі – для вимірювання зовнішніх та внутрішніх розмірів деталей; штангензубомери – для вимірювання товщини зубів циліндричних зубчастих коліс; Штангенглибиноміри – для вимірювання глибини отворів та висоти виїмок; гладкі мікрометри – для вимірювання зовнішніх розмірів деталей; індикаторні нутроміри з комплектом змінних вимірювальних вставок для вимірювання внутрішніх розмірів; індикатори годинного типу, які кріпляться чи переміщуються у стійці чи штативі – для вимірювання лінійних розмірів та відхилення форми.

Відхилення від круглості вимірюють кругломірами, від площинності – за допомогою плит та щупів або за положенням окремих точок, від прямолінійності у площині – за допомогою перевірочних лінійок, рівнів та оптико-механічних приладів.

Контроль відхилення розташування поверхонь і осей деталі. Для оцінки точності положення поверхонь, як правило, задається база, якою може бути поверхня (площина), її утворююча або точка (вершина конуса, центр сфери), вісь (циліндрична або конічна поверхня, різьблення). За відхилення від паралельності площин приймають різницю V найбільшої та найменшої відстані

між прилеглими площинами в межах ділянки, що нормується.

Вимір відхилення від паралельності площин на практиці здійснюють наступним чином. Деталь однією поверхнею (базовою) встановлюють на повірочну плиту. За допомогою вимірювальної головки, що закріплена на стійці, визначають відхилення (рис.2.,а). Вимірювання відхилення від паралельності площини та осі отвору або двох осей можна проводити за допомогою спеціальних контрольних оправок.

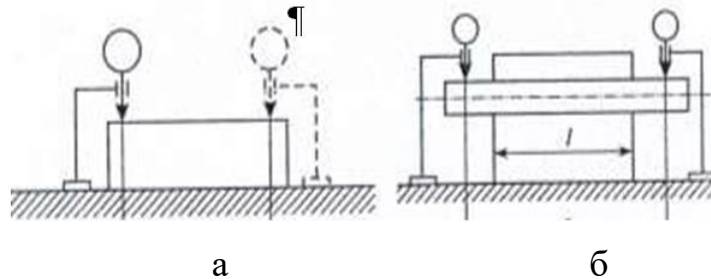


Рисунок 2– Типові схеми контролю відхилень від паралельності
а – за допомогою вимірювальної головки, закріпленої на стійці;
б – за допомогою спеціальних оправок.

На рис.2,б показана схема вимірювання відхилення від паралельності настановної поверхні деталі та осі отвору. Деталь встановлюють базовою поверхнею на повірочну плиту. В отвір деталі вводять оправлення за допомогою вимірювальної головки зі стійкою визначають відхилення від паралельності як різницю двох відрахунків. За такої схеми виміру необхідно враховувати, що в технічній документації допустиме відхилення від паралельності задається для нормованої довжини. Так, якщо на кресленні були задані відхилення від паралельності на довжині деталі l , а виміри провели на іншій довжині L , то необхідно навести виміряне на довжині L відхилення від паралельності V_L до нормованої довжини вимірювань l , тобто $V = V_L(l/L)$, де V – відхилення від паралельності на довжині l .

За відхилення від перпендикулярності приймають відхилення кута між площинами, осями або віссю і площиною від прямого кута 90° , виражене в лінійних одиницях на довжині ділянки, що нормується, від прилеглих поверхонь або ліній.

Вимірювання відхилення від перпендикулярності площин або торцевих поверхонь деталей щодо осей отворів або валів (рис. 3а).

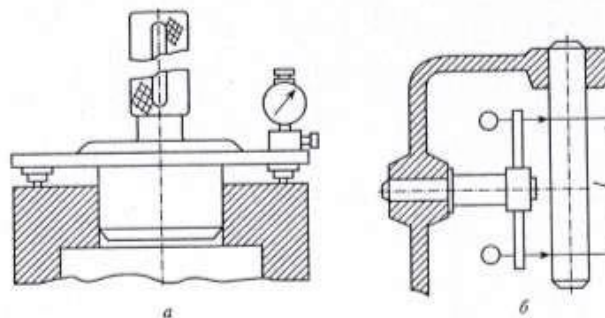


Рисунок 3 – Типові схеми контролю відхилень від перпендикулярності:
а – площин; б – осей отворів

Пристосування центрують в отворі деталі індикатор встановлюють на нуль. Потім його повертають разом із пристосуванням навколо осі отвору на 360° . При контролі відхилення від перпендикулярності осі валу до будь-якої площини пристрій виконують у вигляді кільця. На кільці паралельно осі кріплять індикатор. Кільце надягають на вал до упору і повертають на 360° .

Відхилення від перпендикулярності осей двох отворів можна здійснити за допомогою оправлення та спеціального пристосування місткового типу (див. рис. 3, а). Пристосування з двома індикаторами та оправленням встановлюють в один з отворів. Другу оправку вставляють в інший отвір. Індикатори, розміщені на нормованій відстані один від одного, вводять у контакт з поверхнею другої оправки та встановлюють на нуль. Повертають оправлення з містком на 180° . Напіврізність показань двох індикаторів відповідає відхиленню перпендикулярності. Радіальне та торцеве биття відносяться до похибок розташування поверхонь.

За радіальне биття приймають різницю найбільшої та найменшої відстані від точок реальної поверхні до базової осі обертання в перерізі, перпендикулярному до цієї осі. Радіальне биття поверхні може задаватися щодо осі обертання деталі або інших поверхонь. У цьому випадку останні використовують як базові та деталь встановлюють не в центрах, а призми на ці поверхні (рисунок 4, а). За биття вимірюваної поверхні щодо настановних поверхонь приймають різницю найбільшого та найменшого показань вимірювального приладу за один оберт деталі.

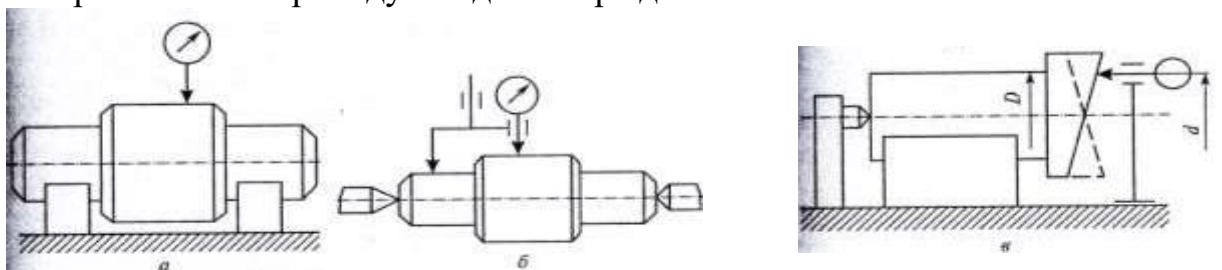


Рисунок 4 – Типові схеми торцевого та радіального биття при встановленні деталі в призму (а), центр (б), в базову поверхню призми (в)

Радіальне биття поверхні, що вимірюється відносно іншої може бути оцінено при встановленні деталі в центрах. Використовують пристрій типу місток, зображений на рисунку 4, б. Пристосування підводять до деталі, що вимірюється до контакту поря з базовою поверхнею. Вимірювальний наконечник головки стосується вимірюваної поверхні. За радіальне биття поверхні, що вимірюється відносно базової приймають різницю відхилень за один оборот деталі.

За торцеве биття приймається різниця найбільшої та найменшої відстані від точок торцевої поверхні до площини, перпендикулярної осі обертання. На рис. 4.3в зображено схему вимірювання торцевого биття циліндричної деталі, яка встановлена базовою поверхнею в призму.

Упор розташований на осі деталі. Торцеве биття визначають як різницю граничних показань вимірювальної головки. На кресленнях торцеве биття

задається в габаритах деталі для розміру D – найбільшого діаметра деталі, що перевіряється, а вимірюють биття на діаметрі d . Отже, отриманий результат вимірів необхідно помножити на величину D/d .

За відхилення від співвісності щодо осі базової поверхні приймається найбільша відстань між віссю поверхні обертання, що розглядається, і віссю базової поверхні на довжині нормованої ділянки, що визначається вимірюванням радіального биття поверхні, що перевіряється в заданому перерізі і крайніх перерізах при обертанні деталі навколо осі базової поверхні (рис.6.1).

На рис. 5 а показано визначення відхилень від співвісності шийок валу з використанням двох вимірювальних приладів, а на рис. 5 б – двох отворів, розточених в корпусі, за допомогою двох оправок і кільця з вимірювальною голівкою.

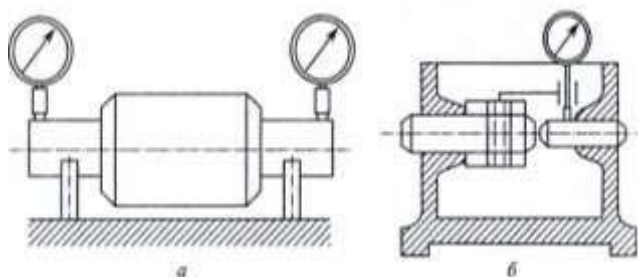


Рисунок 5 – Типові схеми контролю
а- з використанням двох
вимірювальних приладів;
б-з використанням двох оправок та
кільця

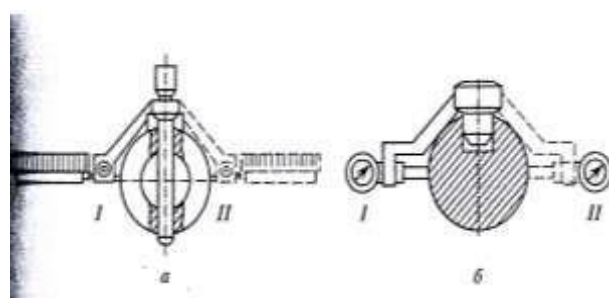


Рисунок 6 – Типові схеми контролю
а- наскрізного отвору; б-шпонкового
паза

Відхиленням від симетричності щодо базового елемента називається найбільша відстань між площиною симетрії (віссю) елемента (або елементів) і площиною симетрії базового елемента в межах нормованої ділянки.

Контроль відхилення від симетрії здійснюють універсальними вимірювальними засобами. На рис. 6,а показано вимір відхилення від симетрії наскрізного отвору, але в рис. 6 – шпонкового паза.

За відхилення від симетрії береться напіврізність показань приладу в I та II положеннях.

8 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

ДЕФЕКТАЦІЯ ПІДШИПНИКІВ. У процесі роботи у підшипника виникають зноси, механічні та корозійні ушкодження тіл кочення, робочих та посадкових поверхонь, збільшуються зазори та нерівномірність обертання.

Більшість підшипників (75%) вибраковується через збільшення зазорів вище граничних значень, через знос посадкових поверхонь – 21%. Ушкодження робочих поверхонь доріжок і тіл кочення зустрічаються у 11% підшипників, поломки деталей – 9%. Підшипник у зборі перевіряють за радіальним зазором, характером обертання і станом тіл кочення, зовнішнє і внутрішнє кільця контролюють за розмірами і шорсткості посадкових поверхонь і за станом бігових доріжок, номінальний діаметр зовнішнього кільця визначають

штангенциркулем, а номінальний розмір отвору.

У практиці експлуатації тракторів, автомобілів, сільськогосподарських машин підшипники кочення, як правило, виходять з ладу через комбінацію різних видів зношування. На рис.7 показані характерні види та форми зношування робочих поверхонь (радіальних) та монтажної складальної висоти (конічних) підшипників, діаметрів кілець (за наявності слідів зсуву, ослаблення посадки обойм щодо корпусу або валу).

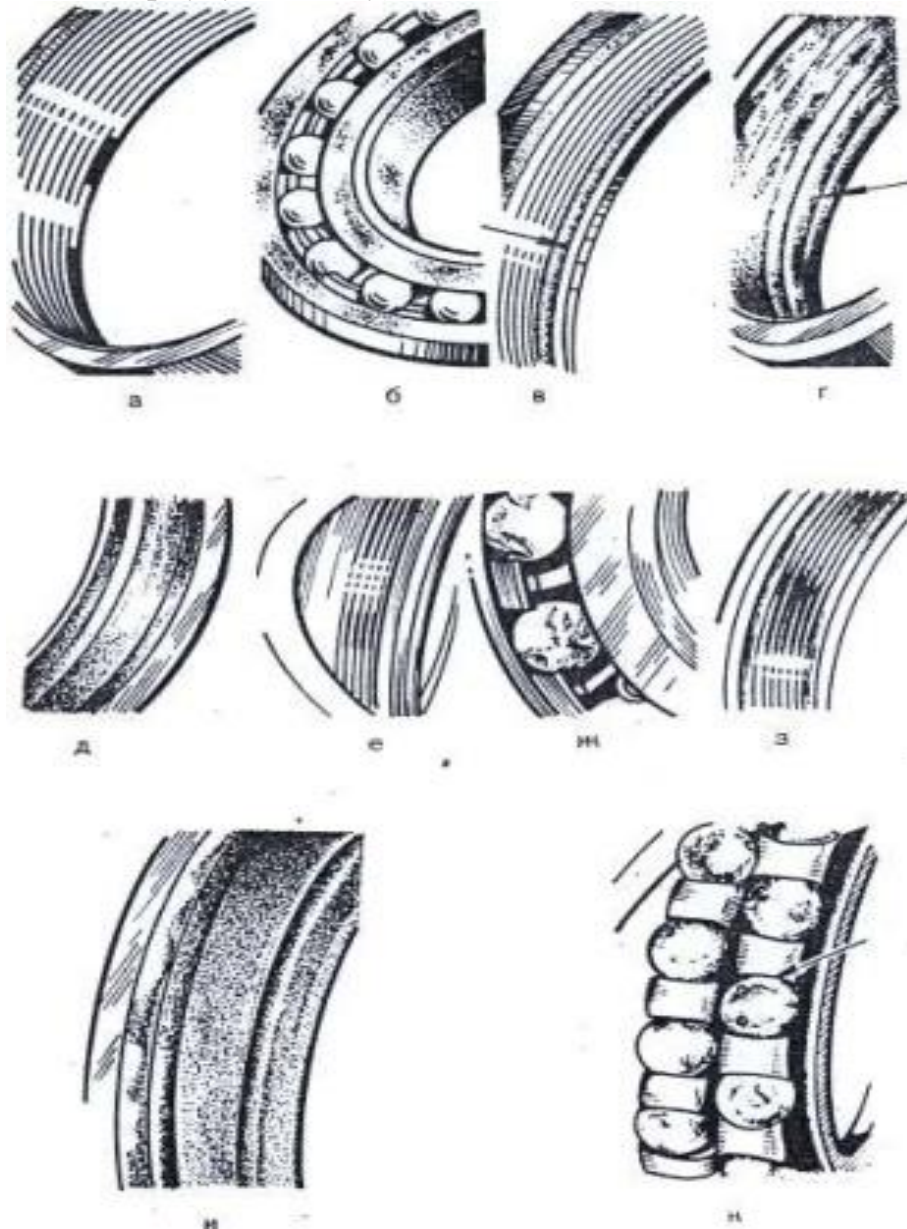


Рисунок 7 – Види зношування підшипників кочення: а – окисне зношування зовнішнього кільця конічного роликопідшипника; б – корозія деталей підшипників, що працюють у вологому середовищі та при різких перепадах температур; в – втомне зношування доріжки кочення зовнішнього кільця підшипника; г – зношування бігової доріжки кільця при вібрації та перекосах; д – корозійно-окисне зношування кільця підшипника; ж – основидно-втомне зношування (піттинг) тіл кочення при підвищених навантаженнях; з – абразивно-окисне зношування доріжки кочення кільця; и – сколи борта зовнішнього кільця; к – зношування сепаратора при тертіковзанні поверхню

зовнішнього кільця

Технічнестанпідшипників кочення виявляють зовнішнім оглядом, перевіркою на шум та легкість обертання, виміром радіального зазору.

Підшипники вибраковують, якщо вони мають:

- Тріщини або сліди фарбування металу на кільцях або тілах кочення;
- Лускате відшарування металу;
- Глибокі корозійні раковини;
- Глибокі ризики;
- Вибоїни;
- Наскрізні тріщини на сепараторі;
- Ослаблені заклепки на сепараторі;
- Вибоїни та вм'ятини на сепараторі, що перешкоджають плавному обертанню підшипника;
- Нерівномірне зношування бігових доріжок;
- виступ роликів за зовнішнє кільце конічного підшипника (у зборі);
- Помітну на око і навпомацки східчає вироблення робочої поверхні кілець.

Допускаються подряпини та ризики на посадкових поверхнях зовнішніх і внутрішніх кілець, забоїни та вм'ятини, що не перешкоджають плавному обертанню підшипника, а також матова поверхня бігових доріжок і тіл кочення.

Перед перевіркою на легкість обертання підшипник занурюють у гас або дизельне паливо (можливий бензин із добавкою 10% моторного масла), а потім зовні протирають чистим ганчір'ям.

При перевірці обертають зовнішнє кільце, утримуючи від внутрішнього переміщення. Справний підшипник повинен обертатися легко, без заїдань, видаючи глухий звук, що шипить. Різкий металевий, деренчливий звук, стукіт, клацання свідчать про пошкодження підшипника.

У шарикопідшипників, визнаних придатними при огляді та обертанні, вимірюють радіальний зазор на приладі КІ-1223.

Розміри радіальних зазорів у радіальних однорядних кулькових підшипниках наведено у таблиці.

Таблиця 1

Значення допустимого радіального зазору у підшипників, залежно від значення внутрішнього діаметра

d, мм	Sp, мкм		Величина контрольного навантаження, Н
	Найменший	Найбільший	
Більше 18 до 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

У конічних роликів підшипників контролюють монтажну висоту за допомогою штангенглибиноміру. Схема контролю показано рис. 8.



Рисунок 8 – Контроль монтажної висоти за допомогою штангенглибиноміру

Дефектація підшипників кочення. Послідовність та зміст виконуваних робіт. Ознайомитись з технічними умовами на дефектування підшипників кочення. Очистити та оглянути один кульковий підшипник. Записати номер та помічені дефекти підшипника у журнал.

Перед дефектацією підшипника деталь необхідно ретельно оглянути, візуально дослідивши кожен елемент – оцінивши стан поверхонь, наявність тріщин або зламів, стан кульок, отвори. Підшипники при обертанні повинні мати рівний і м'який, без заїдання хід, що супроводжується незначним шумом.

Визначити (на спеціальному приладі з індикатором) (рис. 9) радіальний зазор підшипника. Записати дані до таблиці.

Принцип роботи приладу заснований на тому, що за показанням індикатора 4 визначають величину зазору між внутрішнім та зовнішнім кільцями шарикопідшипника. Підшипник 1, що перевіряється, укладають торцевою частиною на плиту і притискають до неї конусом 2. Стрілка індикатора повинна бути повернена на 1-2 обороти. У такому положенні підшипник закріплюється на плиті гвинтовим притиском 3.

Щоб визначити радіальний зазор у підшипниках, необхідно зовнішнє кільце перемістити уздовж осі ніжки індикатора спочатку в одну, а потім у протилежну сторону. За відхиленням стрілки індикатора визначають величину радіального зазору в підшипнику. Для більш точного визначення проміжку необхідно провести повторну перевірку, повернувши зовнішнє кільце підшипника на 90° .

Дати висновок про придатність підшипника.

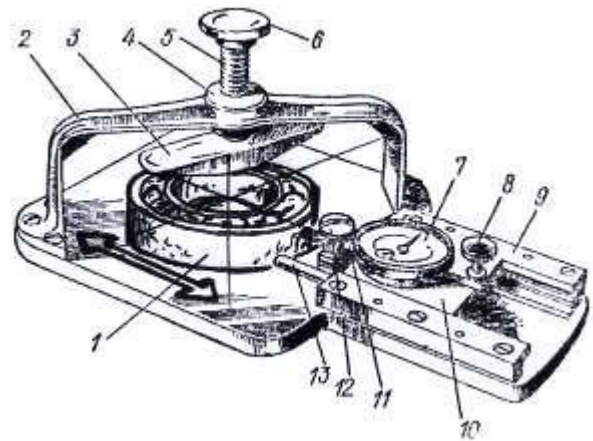
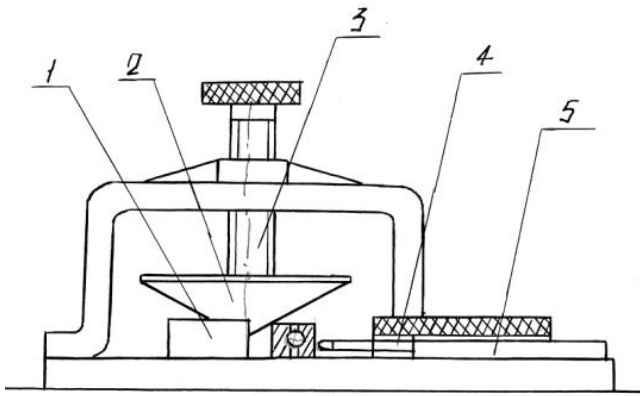


Рисунок 9– Прилад КІ-1223 для вимірювання радіального зазору
 1 – підшипник; 2 – конус; 3 – гвинтовий притиск; 4 – індикатор;
 5 – напрямна

Умови вибракування. Якщо дійсні значення параметрів підшипників вийшли за межі допустимих, такі підшипники вибраковуються. Підшипники з тріщинами на обох кільцях і з глибокою корозією на бігових доріжках вирушають у вибракування.

Таблиця 2

Результати контролю підшипників кочення.

Номер підшипника за каталогом	Зовнішні ознаки порушення працездатності	Величина радіального зазору				Монтажна висота конічного підшипника	ВИСНОВОК (Придатний або бракувати)
		1	2	3	Порівн.		
1	2	3	4	5	6	7	8

ДЕФЕКТАЦІЯ ШЕСТЕРЕН, ШЛИЦЕВИХ І ШПОНОЧНИХ СПОЛУК.

Розрізняють наступні дефективні циліндричних і конічних зубчастих зачеплення:

- Зношування зубів по товщині;
- фарбування металу на робочій поверхні зубів;
- Сколи та знос торців шестерен;
- Мікротріщини біля основи зуба;
- Зношування зубів по довжині.

При твердості матеріалу шестерен більше HRC45 переважає фарбування (точкове або рівномірно розподілене), при твердості менше HRC40 ... 45 поверхневий знос проявляється у вигляді пластичної деформації, «перебігу металу», перерозподілу його із зони зосередженого контакту на вершину зуба та на його краї (рисунок 10 та 11).

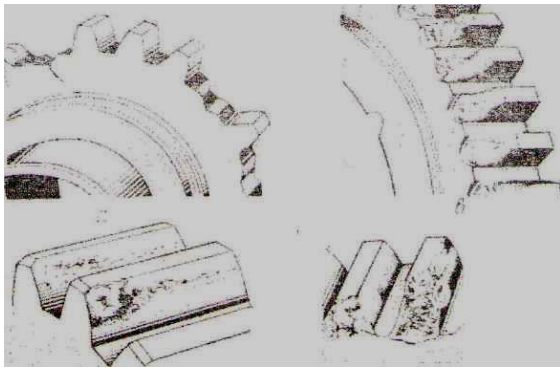


Рисунок 10– Руйнування зубів.
 а –поломка зубів;
 б–втомне фарбування;
 в– торцевий знос; е–злам

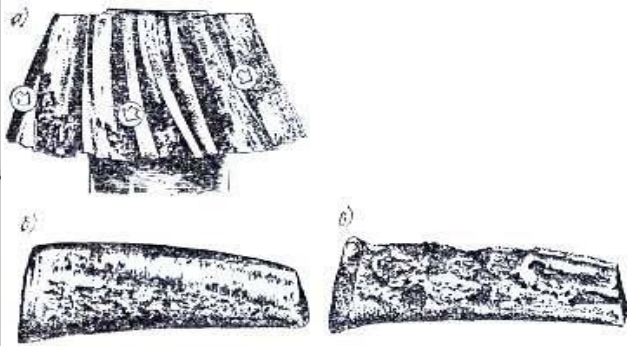


Рисунок 11– Особливості прояву дефектів у зубів конічної шестерні після втомного зношування
 а – загальний вигляд зношеної шестерні;
 б– ямковомного зносу (піттинг) зуба шестерні;
 в– ямки втомного зносу і фарбування матеріалу зуба шестерні

Стан робочих поверхонь зубців шестерень контролює зовнішнім оглядом та за допомогою вимірювального інструменту. Величину зносу зубів за товщиною вимірюють штангензубомером (рис. 12,13) і порівнюють з технічними вимогами, а зношування посадкових місць шліцевих і шпонкових пазів – штангенциркулем або калібром.

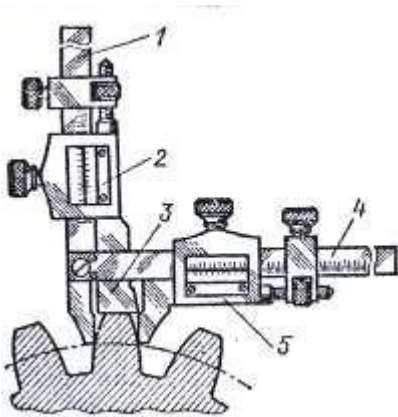


Рисунок 12– Штангензубомір

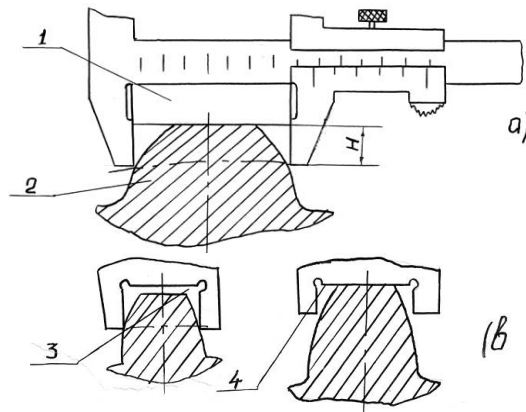


Рисунок 13– Схеми визначення зносу зубів за товщиною: а – штангензубоміром
 1 – упор зубоміра; 2 – вимірювана хорда (Н – встановлена висота для зубоміра);
 в – шаблоном; 3 – зазор – зуб придатний;
 4 – немає зазору – зуб не придатний)

Стан робочих поверхонь зубців шестерень визначають оглядом, а зношування зубів, шліцевих або шпонкових пазів вимірюють універсальним інструментом (зубоміром, штангенциркулем), шаблонами або калібрами. При дефектації шестерень за товщиною зуба зношування внутрішньої поверхні

втулок, шліцевих і шпонкових пазів можна користуватися даними, наведеними в таблицях. Не допускаються до збирання шестірні з наскрізними тріщинами на зубцях і вибоїнами на їх торцях, з нерівномірним зношуванням зубів (більше 0,05мм на довжині 10мм (перевіряти лише у непостійно замкнених шестерень).

Товщину зуба циліндричних шестерень визначають як середньоарифметичний результат виміру трьох зубів, розташованих під кутом 120°. Товщину зубців конічних шестерень визначають аналогічним чином, але виміри ведуть на відстані 5 мм від торця великого діаметра.

Товщина зуба багато в чому визначає міцність зубчастої передачі. В процесі експлуатації зубці зношуються, товщина їх зменшується, а це призводить до збільшення бічного зазору в зачепленні, посилення напруги зменшення міцності зуба, збільшення динамічного ефекту при передачі навантаження (крутного моменту), зниження к.п.д. передачі та порушення теплового балансу зубчастої пари.

Оскільки всі ці дефекти передачі досягають своїх граничних значень не одночасно, встановити єдиний критерій граничного зносу зубів по товщині неможливо.

Дані експлуатації та ремонту зубчастих передач дозволяють вважати, що граничне зношування зубів по товщині слід приймати рівним 8-18% товщини зуба по постійній хорді. Відповідно до цього складено таблицю 3. допустимого зношування зубів по товщині в залежності від швидкості реверсування.

Таблиця 3

Вимоги до дефектації шестерен та зубчастих коліс

Окружна швидкість зубчастого колеса, м/с	Допустиме знос зубів по товщині, % (по постійній хорді)	
	Під час передачі потужності в одному напрямку	При передачі потужності із частим реверсуванням
До 2	12	10
Від 2 до 5	10	8
Св. 5	7	6

Таблиця 4

Результати дефектації шестерен

Найменування шестерні	Зовнішні ознаки порушення працездатності	Товщина зуба, мм				ВИСНОВОК (придатна або бракувати)
		1	2	3	Порівн.	
1	2	3	4	5	6	7

ДЕФЕКТАЦІЯ ШЛИЦЕВИХ З'ЄДНАНЬ. У сільськогосподарських машинах переважно застосовуються шліцеві з'єднання з прямоточними профілями зубів (шліців). У процесі експлуатації в шліцевих з'єднаннях

збільшується бічний зазор, що викликає виникненню додаткових ударних навантажень, що відбиваються на роботі зубчастих коліс, підшипників та ін.

Основними дефектами сполук є зношування шліців по товщині, зношування западин по ширині і непаралельність шліців по відношенню осивала.

Дослідження показали, що зазор у прямоточному шліцевому з'єднанні утворюється під впливом ударного навантаження в результаті зминання шліців, значення допустимих зазорів наводяться в таблиці 5.

Таблиця 5

Вимоги до дефектації шліцевих сполук.

Ширина шліців, мм	Допустимий зазор у шліцевих з'єднаннях, мм		
	Під час роботи з нереверсуванням		При роботі з реверсуванням
	Нерухомі з'єднання	Рухомі з'єднання	
До 8	0,5	0,65	0,4
10 - 16	0,65/0,9	0,9/1,25	0,5/0,65

На кожному шестерню технічними вимогами встановлені висота заміру штангензубоміром і товщина зуба, що допускається. При вимірі шаблоном шестерня вважається придатною, якщо шаблон стосується профілю зуба із зазором на вершині. Шестерня підлягає вибраковуванню, якщо шаблон лягає на вершину зуба і не стосується його профілю.

Шліцеві з'єднання з прямобічним профілем можуть мати такі дефекти: вибоїни, сколи, задирки на зубах валу і отвори, скручування шліців, знос поверхонь, що сполучаються центруються, знос зубів валу по товщині, знос западин по ширині.

ДЕФЕКТАЦІЯ ШПОНОЧНИХ СПОЛУК. Шпонкові з'єднання можуть мати такі дефекти: знос шпонкового паза по ширині, зминання та вибоїни на його бічних поверхнях, знос, зминання та вибоїни на бічних поверхнях самої шпонки.

Досвід експлуатації показує, що основними дефектами шпонкових з'єднань всільськогосподарських машинах

є: знос шпонкового паза по ширині; зім'яття, вибоїни на бічних поверхнях паза шпонки або шпонки.

У картах на дефектацію відображаються тільки дефекти шпонкових пазів; знос бічних поверхонь шпонок не визначається. Основним дефектом, яким слід встановлювати допустимі розміри і зазори, служить знос шпонкового паза по ширині для вала і охопленої деталі.

Значення допустимих бічних зазорів між пазом та шпонкою в залежності від типу з'єднання наведено у табл.б.

Вимоги до дефектації шпонкових з'єднань

Вид з'єднання	Допустимий зазор в шпонковому з'єднаннях, мм	
	Нерухомі з'єднання	Рухомі з'єднання
Вал-шпонка призматична та сегментна	0,1-0,2	0,3
Отвір-шпонка призматична та сегментна	0,3-0,4	0,5
Вал-шпонка клинова	0,5	-
Отвір-шпонка клинова	0,5	-

ДЕФЕКТАЦІЯ ПРУЖИН. Основні дефекти пружин: злам, тріщини, сліди корозії на поверхні витків, усадка довжини у вільному стані та втрата пружності.

Пружини вважаються придатними, якщо поверхні витків концентричні рівні, гладкі, без слідів зносу від тертя про суміжні деталі, проникаючої корозії та тріщин, опорні торці плоскі та перпендикулярні до осі пружини. Нерівномірність кроку витка не повинна перевищувати 20%, непрямолінійність пружини, що утворює, у вільному стані - не більше 3 мм на довжині 100мм.

Пружини вибраковують при зламах, тріщинах, слідах корозії. 10% площі поверхні. Пружини піддають відновленню за відсутності перерахованих вище дефектів, але отримали усадку по довжині і втратили свою пружність.

Після візуального контролю партії пружин (за завданням викладача) виміряти штангенциркулем ШЦ-11-160-0,1 довжину у вільному стані.

Пружини контролюють на приладах типу МПП-100, МПП-10 або КІ-040А. Під навантаженням вимірюють зусилля стискання (розтягу) пружин до робочої тривалості і порівнюють із допустимим зусиллям, значення якого для кожного найменування пружини наводиться в технічних вимогах на ремонт відповідного обладнання.

З цією метою пружину встановлюють на прилад КІ-040, стискають до робочої довжини і визначають пружність. Отримані дані порівнюють із технічними вимогами (рис. 14, табл. 7).

Таблиця 7

Результати контролю за пружинами.

Поз.	Найменування пружини та номер АТ каталогу	Довжина у вільному стані, мм	Пружність (зусилля) на робочій довжині, Н	ВИСНОВОК (придатна або бракувати)
1				
2				

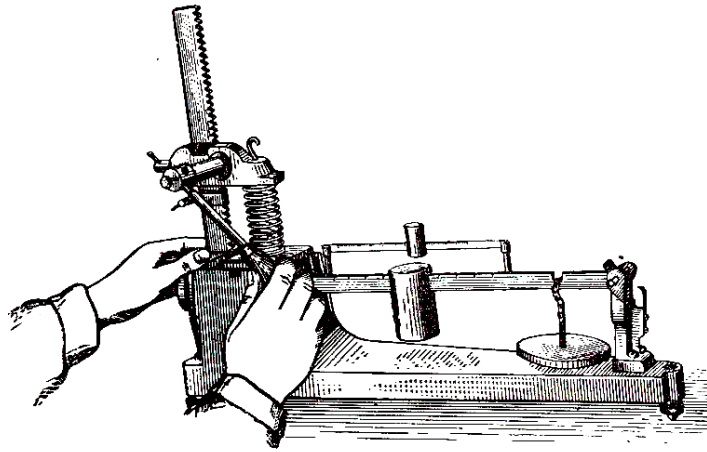


Рисунок 14 – Прилад для вимірювання пружності пружин КИ-040

ДЕФЕКТАЦІЯ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ. Стан різьблення перевіряють оглядом та різьбовими калібрами. При помітному зносі різьблення, фарбуванні, зриві більше двох ниток гайки, болти, шпильки підлягають вибракуванню, а різьбові отвори в корпусних деталях (блоки двигунів, картери коробок передач та задніх мостів та ін.) – відновлення. Різьблення невибраковане зовнішнім оглядом, перевіряють завертанням нового болта або гайки. Вони повинні завертатися від руки без помітного послаблення чи заїдання (**перекосу**).

Гайки та болти зі зім'ятими або зрубаними гранями, зношеними більш ніж на 0,5 мм, вибраковують.

ДЕФЕКТАЦІЯ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ. Корпусні деталі вибраковують з наступних причин:

- Тріщини будь-якого розміру та розташування, що виходять на площину роз'єму, на різьбові та посадкові місця;
- Пробоїни кількістю більше двох, площею більше 30...50 см², захоплюючи силові елементи або ребристості;
- Обломи фланців роз'ємів більше 30 мм;
- Короблення площин роз'єму більше 30%;
- Зношування поверхонь (посадкових місць) під кулькові та роликові підшипники, втулки підшипників ковзання, при яких кільце підшипника або втулка провертаються від руки або мають відчутний люфт при качуванні.

ДЕФЕКТАЦІЯ УЩІЛЬНЮВАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ. Дефектація сальників та ущільнювальних прокладок, манжет, кілець проводиться під час огляду.

Саморухливі та повстяні сальники при капітальному ремонті підлягають заміні всі без винятку. При поточному ремонті їх замінюють у разі порушення герметичності.

Ущільнювальні прокладки з гуми, поліуретану замінюють при розривах та втраті еластичності. У картонних прокладках не допускаються складки,

зморшки та розриви.

Саморухливі ущільнення вибраковуюють при вм'ятинах, глибоких ризиках та інших механічних ушкодженнях корпусу; нещільної посадки корпусу манжети у гнізді; тріщинах, порізах, задирках, задирках у глибоких ризиках на поверхні манжети, що стикається з валом; обрив або пошкодження пружини.

У вільному стані пружина сальника повинна щільно стискати манжету. Всі повстяні ущільнення під час ремонту підлягають заміні.

ДЕФЕКТАЦІЯ УЩІЛЬНЮВАЛЬНИХ ПРОКЛАДОК. Розриви та вирвані місця у картонних та паронітових прокладках не допускаються. Нерівномірність товщини прокладок допускається трохи більше 0,5 мм на всій довжині. Поверхня прокладки має бути рівною, чистою і без складок зморшок.

ДЕФЕКТАЦІЯ СТОПОРНИХ І ПРУЖИННИХ ШАЙБ. Стопорні шайби не повинні мати тріщин та надривів у місці перегину. Поверхні пружинних шайб мають бути чистими без тріщин, раковин, розшарування окалини.

Пружинні шайби, що були у використанні, можуть бути використані повторно, якщо вони не втратили пружності, що характеризується значенням розлучення кінців шайби. Нормальне розлучення шайби дорівнює подвійній її товщині, допустиме — полуторне.

ДЕФЕКТАЦІЯ БОЛТІВ, ГАЙК ТА ШПИЛЕК. Стан різьблення перевіряють: оглядом, різьбовими калібрами, накручуванням (вкручуванням) гайки (болта), що відкручується. допускається зрив трохи більше двох ниток різьблення. У стрижнів болтів і шпильок не допускається вигин і помітна на око вироблення. Грані та кути головок болтів і гайок не повинні бути пошкоджені або зм'яті; при зносі граней понад 0,5 мм від номінального розміру болти в гайки вибраковують.

Справні шпильки при розбиранні з деталей не вивертають. Стан шпильок перевіряють стукуванням. Якщо при стукуванні чути брязкіт звук, то шпильку слід вивернути, посадку відновити. Несправні різьбові отвори в деталях ремонтують. Отвори для шплінтів у болтах та шпильках не повинні бути забиті та збільшені.

При дефектації технологічних комплектів, що містять зібрані різьбові з'єднання, гайковим ключем необхідно перевірити їх затягування. Ослаблені гайки, болти та шпильки слід підтягнути.

ДЕФЕКТАЦІЯ ЗІРОЧОК. Стан робочих поверхонь зірочок перевіряють оглядом, а зношування зубів, шпонкових пазів і посадкових місць отворів вимірюють універсальним інструментом (зубоміром, штангенциркулем) або шаблонами (калібрами).

Основним вибракувальним показником зірочок є знос зубів по товщині. Зношування зубів вимірюють зубоміром по дузі ділового кола. Не допускаються до збирання зірочки, що мають тріщини на дисках маточках, а

також якщо їхнє радіальне та осьове биття перевищує значення, наведені в таблиці 8.

Вінці зірочок, встановлених на валах і працюючих в одному контурі, повинні знаходитися в одній площині; для зірочок з міжцентровою відстанню до 500 мм відхилення допускається не більше 1 мм, від 500 до 1000 мм – не більше 2 мм, понад 1000 мм – до 2 мм на 1 м довжини.

Таблиця 8

Вимоги до дефектації зірочок

Діаметр зірочок, мм	Допустиме биття зірочок, мм					
	З обробленими зубами				З необробленими зубами	
	радіальне		торцеве			
	Тип 1	Тип 2	Тип 1	Тип 2	радіальне	торцеве
До 120	0,5	0,5	0,5	0,5	1,2	-
	0,6	0,8	0,6	0,8	2,0	-
Понад 120 до 260	0,6	1,0	0,6	1,5	2,0	-
	0,8	1,2	0,8	1,8	3,0	-
Понад 260 до 500	0,8	1,5	0,8	2,0	3,0	-
	1,2	2,0	1,2	2,5	4,0	-

Примітка: до типу 1 відносяться цілісні зірочки, до типу 2 складові (зварні та ін.). У чисельнику вказані значення биття нових зірочок, у знаменнику в експлуатації

ДЕФЕКТАЦІЯ ЛАНЦЮГІВ. Під час ремонту сільськогосподарських машин перевірки піддають усі ланцюги незалежно від тривалості їх використання. Перед оглядом ланцюги ретельно промивають. Ланки ланцюгів підлягають вибракуванню за наявності таких дефектів: викошування металу, тріщини, деформація елементів ланки; провертання втулок у внутрішніх пластинах або валиків у зовнішніх пластинах; ширина пластин у ланках роликів ланцюгів менше граничних даних, наведених у таблиці; гранична ширина бічної стійки у ланках гачкових штампованих ланцюгів менше 2,5мм при кроці 30мм і менше 3,2мм при кроці 38мм;

Таблиця 9

Вимоги до дефектації ланок роликів ланцюгів.

Типорозмір роликів ланцюга	Гранична ширина пластин, мм	Типорозмір роликів ланцюга	Гранична ширина пластин, мм
ПР-12,7-900	8,3	ПРД-31,75-2300	12,00
ПР-12,7-1800,2	10,7	ПРД-38,1-2500	15,0
ПР-15,875-2300-2	12,0	ПРД-38-3000	17,0
ПР-19,05-2500	15,0	2ПР-15,875-4500	12,0
ПР-25,4-5000	19,5	2ПР-19,05-6400	15,0
ПР-31,75-7000	25,5	2ПР-25,4-11400	19,5
ПР-38,1-10000	28,5		

Граничне збільшення середнього кроку ланцюга від номінального

розміру та відповідна гранична довжина 10 ланок ланцюга перевищують дані, наведені у таблиці.

Середній крок ланок ланцюга визначають, вимірюючи не менше ніж трьох ділянок, кожен з яких складається 10 ланок. У ділянку, що вимірюється, не повинні входити ланки, підлягають вибракуванню.

Вимірювання проводять штангенциркулем з точністю до 0,1мм. Результатом контролю вважають максимальне значення середнього кроку. Роликові ланцюги з граничним збільшенням середнього кроку ланок до 3%, що працювали в ланцюгових контурах з великою зірочкою, у якої 40 і більше зубів, можуть бути використані в ланцюгових контурах з великою зірочкою, що має менше 40 зубів, в цих умовах ланцюг може працювати до граничного збільшення середнього кроку ланки, що дорівнює 5%.

Таблиця 10

Вимоги до дефектації ланцюгів

Типорозмір роликового ланцюга	Ланцюгові контури з великою зірочкою, у якої менше 40 зубів		Ланцюгові контури з великою зірочкою, у якої менше 40 зубів		Сила натягу, Н
	Збільшення середнього кроку кола від номінального розміру.	Гранична довжина 10 ланок ланцюга, мм	Збільшення середнього кроку кола від номінального розміру.	Гранична довжина 10 ланок ланцюга, мм	
ПР-12,7-900	5	133	3	131	
ПР-12,7-1800,2	5	133	5	131	
ПР-15,875-2300-2	5	167	3	163	
ПР-19,05-2500	5	200	3	196	
ПР-25,4-5000	5	267	3	263	
ПР-31,75-7000	5	327	-	-	300-400
ПР-38,1-10000	5	393	-	-	
ПРД-31,75-2300	3	395	-	-	
ПРД-38,1-2500	3	167	3	163	
ПРД-38-3000	4	333	-	-	
2ПР-15,875-4500	5	400	-	-	
2ПР-19,05-6400	5	200	3	196	600-800
2ПР-25,4-11400	5	267	3	261	
Крючкові зі штампованих ланок із кроком:					
30мм	6	318	-	-	
38мм	6	403	-	-	

Крім розглянутих методів дефектації, технічний стан ланцюгів оцінюють відповідно до даних таблиці 8 за довжиною 20 ланок (для комбінованих ланцюгів-за довжиною 10 ланок), натягнутих з певним зусиллям. Перевірку

виконують, не знімаючи ланцюг із машини, спеціальною лінійкою КІ-1854 та динамометром.

Таблиця 11

Параметри вибракування втулочно-роликкових ланцюгів.

Крок втулково-роликкового ланцюга, мм	Вибракувальна довжина 20 ланок, мм	Зусилля натягу, Н
19,05	397	200
25,4	528	500
38,0	790	500

ДЕФЕКТАЦІЯ ВАЛІВ І ОСЕЙ. Вали та осі дефектують відповідно до технічних умов. Попередньо, не знімаючи вали та осі з машини, їх оглядають і перевіряють на вигин індикаторним пристроєм КІ-1871-02, штатив якого зміцнюють на рамі машини, а ніжку підводять до зачищеної поверхні валу на відстані 5-10 мм від кінця. Повертаючи вал (вісь) однією оборот, визначають по індикатору биття. Якщо биття не можна виміряти без зняття шківів (зірочки), то вимірюють биття шківів (зірочки). При цьому ніжку індикатора встановлюють на відстані 5-6 мм від краю шківів і 3-5 мм від западин зубів зірочки.

ДЕФЕКТАЦІЯ РЕМНІВ І ШКІВІВ. Придатність до роботи ременів визначається ступенем їх подовження наявністю механічних пошкоджень.

Подовження ременів допускається в межах можливого регулювання натягу, вказаного в інструкції з експлуатації.

Поверхні ременів повинні бути без складок, тріщин, розшарувань, опуклостей, ниток і задирок, що стирчать, а поверхні струмків шківів — гладкими, рівними без вищерблених місць задирок. Знос поверхні під клиновий виступ ремня 1 не повинен перевищувати 3 мм. Тріщини в ступицях та спицях, також злами бортів шківів не допускаються.

Зношування та відшарування гумової обкладки від обода шківів допускаються не більше ніж у трьох місцях завдовжки 30 мм по периметру.

9 КОРОТКІ УКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Уважно вивчити зміст та порядок проведення роботи, а також безпечні прийоми його виконання.

При виконанні робіт дотримуватись навчальної дисципліни та пам'ятати про те, що однією з основних умов безпеки є осмислення своїх дій, які необхідно узгоджувати з діями оточуючих людей. Особливої обережності необхідно дотримуватись при провертанні або будь-якому іншому переміщенні деталей та вузлів машин, щоб не травмувати один одного. Попереджати оточуючих про намір переміщення деталей і вузлів машин, переконатися в тому, що ніхто не перебуває в небезпечній зоні. Слідкувати за тим, щоб своїми діями не травмувати оточуючих.

Інструмент та пристрої використовувати тільки справні та строго за призначенням.

Не торкатися елементів електричного ланцюга, що знаходяться під

напругою, до корпусів стаціонарного електрообладнання. Не залишати без нагляду не вимкнені електричні пристрої та прилади.

При виникненні аварійної ситуації, тобто умов, за яких можливе травмування людей, припинити роботу, інформувати оточуючих про небезпеку, повідомити викладача і за його керівництвом виконати необхідні дії щодо усунення небезпеки.

Після закінчення роботи навести порядок на робочому місці, машини та обладнання привести у вихідний стан, інструмент та пристрої прибрати до місць зберігання. Переконайтесь у стійкому положенні машин загалом та окремих вузлів та деталей.

10 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Мета та завдання дефектації при ремонті машин.
2. Навести визначення номінального, допустимого, граничного та дійсного розмірів
3. Перелічити параметри, які слід контролювати при дефектації деталей зірочок.
4. Навести вимірювальний інструмент, який був використаний при дефектації ланцюгів
5. Відповіді на контрольні питання

11 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

Перший варіант

1. Яка загальна закономірність зношування більшості деталей рухомих з'єднань?
2. У чому полягає дефектація деталей і які цілі вона має?
3. Послідовність операцій під час проведення дефектувальних робіт.
4. На які групи поділяються деталі за наслідками контролю?
5. Який вимірювальний інструмент застосовується при дефектації деталей?
6. Методика дефектації підшипників кочення.
7. Яка нормативно-технічна документація застосовується у разі дефектації?

Другий варіант

8. Яка роль дефектації у ремонтному виробництві?
9. Дайте визначення номінального, допустимого, граничного та дійсного розмірів.
10. Які параметри контролюються під час дефектації деталей?
11. Які засоби та засоби вимірювання зносу практикуються в ремонтних службах?
12. Порядок контролю шестерен.
13. Якою є послідовність операцій при дефектації пружин?
14. Яким чином визначається відсоток придатних та бракованих виробів?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5
ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИ УСУНЕННЯ ДЕФЕКТІВ ЗНОШЕНИХ ДЕТАЛЕЙ
СПРЯЖЕНЬ. ПІД РЕМОНТНІ РОЗМІРИ. КОМПЕНСАЦІЯ
ЗНОШЕНОГО ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ВСТАНОВЛЕННЯМ
ДОДАТКОВИХ ДЕТАЛЕЙ

1 МЕТА РОБОТИ

Ознайомитись з методами усунення дефектів зношених деталей спряжень. ремонт під ремонтні розміри та компенсації зношеного поверхневого шару встановленням додаткових деталей. Придбати навички розрахунку ремонтних розмірів

2 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

2.1 Сутність способу ремонту деталей під ремонтний розмір.

2.2 Від чого залежить значення і число ремонтних розмірів для поєднання роботи?

2.3 Переваги та недоліки ремонту відмінювання постановкою додаткової деталі

2.4 Які деталі двигунів внутрішнього згорання ремонтуються за ремонтний розмір?

3 ЗАВДАННЯ

Ознайомитись з методикою розрахунку і схеми ремонтних розмірів та технологічним маршрутом процесу ремонту деталей із застосуванням додаткових ремонтних деталей (ДРД). Провести розрахунок ремонтних розмірів згідно завдання для валу о втулки

4 ЧАС ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Самостійна підготовка – 2 година;
Робота в лабораторії – 2 акад. години.

5 ЛІТЕРАТУРА

5.1 Основна

5.1.1 Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко та ін.; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. Підручник: (Затверджено МОН України як підручник для студентів ВНЗ, які навчаються за напрямом підготовки «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» від 21.06.10 № 1/11 – 545) – К.: Агроосвіта, 2014. – 665 с.

5.1.2 Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин. Том 1. Навчальний посібник. / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, Т.С. Скобло та інші. – Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018. – 416 с.

5.1.3. Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій. Навч. посібник / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, С.О. Лузан та інші. – Харків: ХНТУСГ, 2017. – 361 с.

5.1.4 Хітров І.О. Ремонт машин і обладнання. Навчальний посібник. / І.О. Хітров, В.С. Гаріш – Рівне: НУВГП, 2012. – 184с.

5.1.5. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник/ Упор. В.Я. Чабанний. – Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. – 720 с.

5.2 Додаткова

5.2.1 Основи технології відновлення деталей для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за спеціальністю 131 – Прикладна механіка за освітньо-професійною програмою «Технологія та устаткування зварювання» /Укл. Ю.А. Гасило–Кам, янське: ДДТУ, 2017. – 147 с.

5.2.2 RepairTechnologyofMachineryandEquipment. Lecturecourse. Textbook. / О. Sidashenko, О. Tikhonov, S. Luzan, and others. – Kharkiv: KhNTUA, 2017. – 340 p.

5.2.3 Практикум з ремонту машин: Навчальний посібник /О.І. Сідашенко, Т.С. Скобло, В.А.Войтов та ін.; За ред. О.І. Сідашенка, О.В. Тіхонова. – Харків.: ХНТУСГ, 2007. – 415с.

5.2.4 Українсько-англійський словник термінів технологічних систем ремонтного виробництва Навчальний посібник / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, Т.С. Скобло та ін. (Рекомендовано Вченою радою Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, протокол №10 від 30 червня 2016 року як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації). – Харків: ХНТУСГ, 2016.– 412с

6 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зношування поверхонь спряжених деталей призводить до порушень розмірних зв'язків між деталями спряження, механізму або вузла. Ці зв'язки виражаються основним рівнянням розмірного ланцюга:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^p A_{i_{зб}} - \sum_{i=1}^q A_{i_{зм}}, \quad (1)$$

де A_{Δ} – замикаюча ланка;

$A_{i_{зб}}$ і $A_{i_{зм}}$ – складові, які відповідно збільшують і зменшують ланки розмірного ланцюга;

p і q – кількість збільшуваних і зменшуваних ланок.

У процесі роботи взаємопов'язаних деталей значення замикаючої ланки змінюється. Водночас її розмір є одним із параметрів, граничне значення якого визначає втрату працездатності спряження (механізму, вузла). Відновлення працездатності за рахунок відновлення початкового значення замикаючої ланки може бути досягнуто шляхом впливу на зміну розмірів складових ланок.

Разом з тим у випадку багатоланкових розмірних ланцюгів відновлення працездатності механізму (вузла) початково можливе за допомогою регулювальних операцій. Наприклад, регулювання зазору між клапаном і коромислом клапана газорозподільного механізму двигуна, між зубами

конічних шестерень головної передачі заднього моста машини тощо.

Однак, оскільки у процесі зношування змінюються не тільки розміри, але й форми тертьових поверхонь, відновлення замикаючої ланки регулюванням обмежене значенням похибки форми деталей. У цьому випадку необхідні інші способи відновлення розмірних ланцюгів.

Розглянемо ці питання для триланкових розмірних ланцюгів, які входять до складу розмірних ланцюгів механізмів і вузлів. Рівняння таких ланцюгів подаємо у вигляді:

$$S = A - B, \quad (2)$$

де S – зазор (у деяких випадках натяг);

A – розмір отвору (охоплюючої поверхні, у тому числі, наприклад, шпонковий паз тощо);

B – розмір валу (охопленої поверхні, у тому числі, наприклад, шпонка тощо).

Зміна розмірів A і B через зношування призводить до зміни зазору S , тобто зміни характеру посадки. Відновити посадку можна зміною розмірів зношених деталей A_p і B_p до значень A_n і B_n певними способами ремонтних впливів за умови збереження рівності:

$$S = A_n - B_n = A_p - B_p, \quad (3)$$

де індекс « n » належить до нових незношених деталей нормального розміру, тобто розміру за робочим (основним) кресленням.

Із аналізу наведеної рівності можна встановити загальні методи відновлення посадки спряжених деталей (рис. 1, де зношування поверхонь віднесене до одного боку). На рис. 1 а зображена схема вихідного стану спряження, а на рис. 1 б – 1 д – після ремонтних впливів. Зношені поверхні позначені пунктиром.

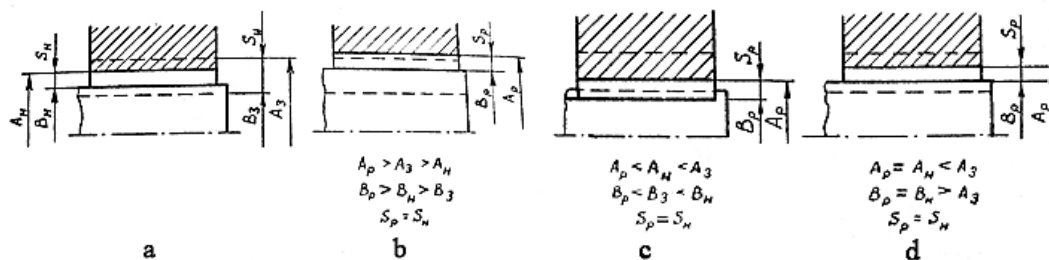


Рисунок 1 – Схеми варіантів загальних методів відновлення

Відновлення посадки одночасним збільшенням (рис. 1 б) або зменшенням (рис. 1 с) розмірів отвору і валу. Ці варіанти дозволяють відновити посадку, але розміри отвору і валу відрізнятимуться від розмірів, передбачених для виготовлення цих деталей. Розміри, встановлені для ремонту або виготовлення нової деталі, які відрізняються від аналогічних розмірів деталі за робочим (основним) кресленням, називаються ремонтними розмірами. Їх поділяють на категорійні і підгінні. Категорійними називають ремонтні остаточні розміри деталей, встановлені для певних категорій ремонту, підгінними – ремонтні розміри деталей, встановлені із врахуванням припуску на пригонку деталі за місцем призначення.

Під час ремонту спряжень із відновленням тільки посадки використовують деталі ремонтного розміру, у разі застосування яких одна з них піддається механічній обробці у процесі ремонту, а друга (збільшеного розміру для валу і зменшеного розміру для отвору) випускається промисловістю у вигляді запасних частин. Деталь, яку механічно обробляють, коштує більше. Наприклад, відновлення спряження циліндр – поршень здійснюється механічною обробкою циліндра до ремонтного розміру, якому відповідає поршень ремонтного (збільшеного) розміру, що випускається промисловістю; зношені корінні і шатунні шийки колінчастого валу шліфуються і комплектуються із вкладишами ремонтного (зменшеного) розміру виробничого виготовлення.

Ремонтні розміри встановлюють виходячи із величини і характеру зношування поверхні. Таких розмірів для цієї деталі може бути декілька.

На рис. 2 зображено схему формування ремонтного розміру для отвору і валу.

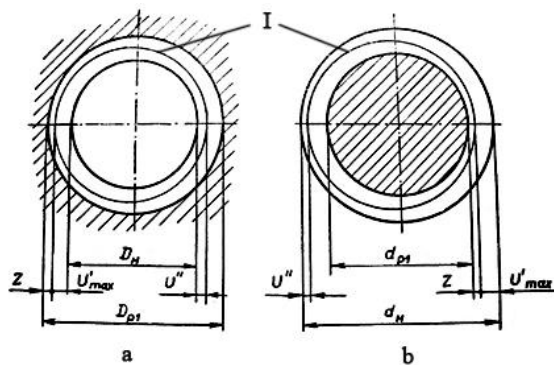


Рисунок 2 – Схема формування ремонтних розмірів:

а – отвору;

б – валу;

I – зношені поверхні

Із схеми видно, що із урахуванням нерівномірності зношування перший ремонтний розмір може бути розрахований з таких залежностей:

для отвору

$$D_{p1} = D_H + 2(U'_{\max} + Z), \quad (4)$$

для валу

$$d_{p1} = d_H - 2(U'_{\max} + Z), \quad (5)$$

де D_H , і d_H – нормальні розміри отвору і валу;

U'_{\max} – максимальне однобічне зношування;

Z – припуск на механічну обробку на бік.

Замість однобічного максимального зношування для розрахунку використовують коефіцієнт нерівномірності зношування, який визначається так:

$$K_{нз} = \frac{U'_{\max}}{U'_{\max} + U''}, \quad (6)$$

де U'' – діаметрально протилежне зношування відносно U'_{\max} ;

U – загальна величина зношування за діаметром;

Звідси $U'_{\max} = K_{нз} U$, а залежність для розрахунку ремонтних розмірів набуде вигляду:

$$D_{p1} = D_H + 2(K_{нз} U + Z) \text{ і } d_{p1} = d_H - (K_{нз} U + Z) \quad (7)$$

У випадку симетричного зношування відносно осі деталі $K_{нз} = 0,5$, у випадку однобічного – $K_{нз} = 1$, тобто $0,5 < K_{нз} < 1$. Величину $K_{нз}$ для конкретних деталей, встановлюють експериментальним шляхом. Наприклад, для шийок колінчастого валу $K_{нз} = 0,7 \dots 0,8$, для циліндрів двигуна $K_{нз} = 0,6 \dots 0,7$.

Якщо вираз $2(K_{нз}U + Z)$, який визначає ремонтний інтервал позначити Δ , то розрахункові формули для ремонтних розмірів набудуть вигляду:

$$D_{pl} = D_H + i\Delta \quad d_{pl} = i\Delta, \quad (8)$$

де i – номер ремонтного розміру (1, 2, 3, ...).

Граничні, максимальний для отвору (D_{pmax}) і мінімальний для валу (d_{pmin}), ремонтні розміри призначають з урахуванням можливого впливу зміни розмірів деталі на зменшення жорсткості і механічної міцності, на збільшення питомого тиску і зниження поверхневої твердості ремонтваної деталі, інакше кажучи – на зниження ресурсу (строку служби).

За значеннями ремонтного інтервалу і граничних ремонтних розмірів отвору або валу можна визначити кількість ремонтних розмірів:

для отвору
$$n_A = \frac{D_{pmax} - D_H}{\Delta}, \quad (9)$$

для валу
$$n_B = \frac{d_H - d_{pmin}}{\Delta}. \quad (10)$$

Однак застосування ремонтних розмірів має суттєвий недолік – порушується взаємозамінність деталей (зберігається тільки у межах одного ремонтного розміру). Крім того, збільшується номенклатура запасних частин і ускладнюється організація процесів комплектування і складання вузлів, зберігання деталей на складах. Незважаючи на ці недоліки, застосування стандартних ремонтних розмірів виправдовується певною економічною доцільністю.

Відновлення посадки за рахунок зміни розмірів до початкових із дотриманням взаємозамінності відновлених деталей з новими розв'язується, перш за все, за тим самим принципом, що й у випадку застосування деталей ремонтних розмірів, з тією різницею, що в одному випадку схема спряження виглядає так: оброблена деталь – зазор – нова деталь ремонтного розміру, а в другому – нарощена деталь – зазор – нова деталь стандартного розміру. Наприклад, зношене посадочне місце під підшипник кочення в картері коробки передач може бути відновлене місцевим залізненням-із встановленням нового стандартного підшипника кочення.

Способів компенсації зношеного поверхневого шару багато і використовуються вони залежно від факторів, що впливають на інтенсивність зношування конкретного спряження, а також економічної доцільності способу. До останніх, належать різні види наплавлення і напилення, електролітичні, електрофізичні та інші види покриттів, встановлення додаткових деталей (наприклад, цілісних і скрутних втулок, приварювання металевої стрічки). Компенсація зношеного поверхневого шару наведеними способами – це частина технологічного процесу, після чого обов'язкова, зазвичай, розмірно-точнісна, а нерідко і зміцнювальна обробка.

Для відновлення деталей користуються такими технологічними методами:

1. Механічна та слюсаро-механічна обробка (метод ремонтних розмірів, додаткових ремонтних деталей, припиловки, шабрування, склеювання, встановлення латок, шліфування, стругання, притирання, наприклад, клапанів та ін.);

2. Зварювання та наплавлення (газове, електродугове, автоматичне наплавлення під слоєм флюсу, вібродугове та в середовині захисних газів, у середовищі пару, з комбінованим захистом та ін.);

3. Електричне та хімічне покриття (нарощування): залізнення або тверде осталування, хромування, міднення, цинкування, осадження електролітичних сплавів, хімічне нікелювання та ін.;

4. Пластичне деформування (осадка, роздача, обжимання, правка та ін.);

5. Металізація – газополум'яна, високочастотна, електродугова та плазмена;

6. Електричні методи – електроіскрова або електроерозійна, електромеханічна, анодно-механічно обробка та зміцнення деталей;

7. Використання полімерних матеріалів при ремонті деталей;

8. Виправлення дефектів паянням.

9. Відновлення деталей механічною обробкою

Відновлення спряження до початкових розмірів можливе способами компенсації зношеного поверхневого шару не тільки до однієї, але й водночас – до двох деталей спряження.

Для всіх методів відновлення посадки спряжень точність замикаючої ланки повинна відповідати початковій. Оскільки допуск замикаючої ланки дорівнює сумі допусків складових ланок, то допуск на обробку валу і отвору має бути таким, як під час виготовленні нових деталей.

При усуненні дефектів, не пов'язаних з тертям, технологічні процеси також поділяються за своїм умовним призначенням (рис. 3).

Кожна із складових частин технологічного процесу класифікується за технологічними способами. Наведені складові частини технологічного процесу і відповідні їм способи виконання частіше за все пов'язані між собою, але може бути варіант, коли застосовується тільки одна складова частина процесу, наприклад – компенсація зносу опорного котка трактора електрошлаковим наплавленням. Послідовність переходу технологічного процесу від однієї його частини до другої для парних деталей може бути різною.

Компенсація зношеного поверхневого шару встановленням додаткових деталей. Відновлення зношеного шару робочих поверхонь та їх розмірно-точносних характеристик часто здійснюється за рахунок додаткових ремонтних деталей (ДРД), виготовлених у вигляді суцільних втулок, кілець, гільз, а також збірних втулок.

Встановлення суцільних втулок і кілець застосовується для деталей, які мають знос посадочних поверхонь. Технологічний маршрут процесу ремонту деталей із застосуванням ДРД складається з трьох основних частин:



Рисунок 3 – Класифікація складових частин технологічного процесу відновлення (ремонт) деталей

- механічна обробка зношеної посадочної поверхні під додаткову деталь;
- запресування або напресування ремонтної втулки на посадочну поверхню;
- механічна обробка втулки до нормального розміру (розмір за робочим кресленням на виготовлення деталі).

Матеріал ДРД повинен відповідати матеріалу відновлюваної деталі. Тільки для чавунних деталей втулки виготовляють із сталі. Забезпечення нерухомості ДРД на основній деталі досягається за рахунок гарантованого натягу у цьому з'єднанні або застосуванням клею, штифтів, зварювання. Можливі і комбінації даних способів.

Для встановлення втулок без гарантованого натягу механічну обробку посадочної (робочої) поверхні до нормального розміру проводять під час її виготовлення. В іншому випадку при виготовленні втулки передбачається припуск на обробку робочої поверхні до нормального розміру після запресування.

Надійність посадки з гарантованим натягом залежить від матеріалу основної деталі; матеріалу, діаметра і товщини втулки; висоти мікронерівностей поверхонь з'єднання, а також від способу запресування. Втулки виготовляються завтовшки 2-5мм.

Дійсний натяг у нерухомому з'єднанні з прийнятою конкретною посадкою відрізняється від табличного і визначається розрахунковим шляхом за залежністю:

$$\delta_p = \delta_T - 1,2(R_{z_1} - R_{z_2}), \quad (11)$$

де δ_T – табличний натяг, мкм; R_{z_1} і R_{z_2} , – висота мікронерівностей поверхонь з'єднання, мкм.

Найчастіше нерухома посадка у з'єднанні ДРД – основна деталь приймається за 8 квалітетом $\frac{H8}{8}$. Табличний натяг для такої посадки, наприклад в інтервалі розмірів 50-80мм, становить у середньому 0,1мм. Шорсткість поверхні додаткової деталі повинна бути не нижче $R_a = 2,5-1,25$ мкм.

При запресуванні втулки без нагрівання рекомендується застосування дисульфідомолібденового мастила або машинного масла для мащення поверхонь, що полегшує запресування і захищає поверхні від задирок.

Для полегшення запресування втулки і підвищення міцності з'єднання основну деталь, якщо дозволяє її конструкція, доцільно попередньо нагріти (або охолодити ДРД), оскільки при цьому середній натяг збільшується у два рази, бо мікронерівності спряжених поверхонь практично не згладжуються, а міцність посадки збільшується у 3 рази.

При використанні способу ремонту деталей із застосуванням ДРД слід враховувати і його недоліки: збільшення кількості ланок розмірного ланцюга за рахунок проміжного елемента у робочому спряженні, теплової напруженості (ДРД у циліндрах блока двигуна погіршує відведення тепла), витрат на ремонт, необхідних для виготовлення ДРД тощо.

Вставка згорнутих втулок з подальшим розвальцьовуванням

застосовується, головним чином, при відновленні зношених посадочних поверхонь під підшипники і стакани підшипників кочення корпусних деталей. Матеріалом для згорнутих втулок є стандартизована холоднокатана стрічка нормальної точності з конструктивної сталі.

Технологічний процес ремонту посадочних отворів передбачає виготовлення заготовки згорнутої втулки, вкручування втулки із заготовки, підготовку ремонтного отвору під вкрутну втулку, її встановлення в отвір, розвальцьовування втулки і обкатування фаски. Для цього застосовується спеціальний комплект пристроїв.

Підготовчі операції для виконання технологічного процесу ремонту отворів із застосуванням згорнутих втулок потребують попередніх розрахунків, які повинні забезпечувати погодження діаметра і ширини підготовленої до встановлення згорнутої втулки в отвір і розмірів заготовки стрічки для згорнутої втулки (товщина, довжина, ширина). У розрахунках повинно бути враховано зміну ширини і довжини кола та згорнутої втулки відносно довжини заготовки внаслідок пластичного деформування, викликаного операцією розкачування.

Шорсткість поверхні отвору після обробки повинна становити $R_z = 20\text{мкм}$.

На обробленій поверхні нарізають гвинтову канавку трикутного профілю глибиною 0,3-0,5мм з кроком 1,5-2мм, що забезпечує після встановлення і розвальцьовування згорнутої втулки міцність її з'єднання з основною деталлю.

Вкрутну втулку встановлюють в оброблений отвір за допомогою спеціальної оправки. Розвальцьовування вкрутної втулки проводиться розкатником, налагодженим на певний розмір (рис. 4) при частоті обертання $60-300\text{хв}^{-1}$ і поздовжній подачі 0,10-0,34мм/об, у середовищі емульсії або індустріального масла.

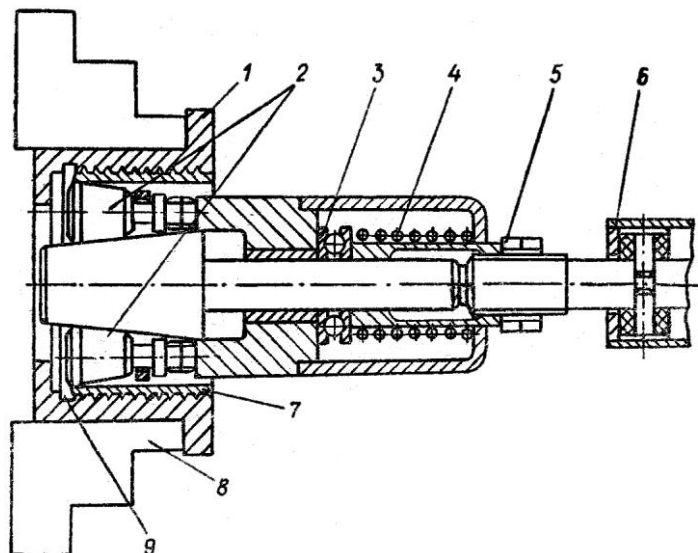


Рисунок 4 – Схема розвальцьовування згорнутої втулки:

- 1 – ремонтвана деталь; 2 – ролики розкатника; 3 – упорний підшипник розкатника; 4 – пружина розкатника; 5 — регульовальні гайки; 6 – шарнірний хвостовик розкатника; 7 – згорнута втулка; 8 – кулачок патрона токарного верстату; 9 – канавка у ремонтваній деталі

7 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Методика визначення оптимальної кількості ремонтних розмірів відновлюваних деталей сільськогосподарських машин. Фізико-механічні зміни властивостей поверхонь зношування значно ускладнює процес механічної обробки деталей перед та після їх відновлення.

Якщо одних деталей досить провести процесу шліфування, то інших деталей потрібно наплавочні чи інші способи відновлення. Більшість (90%) циліндричних поверхонь відновлюються способом наплавлення. Посадкові місця сполучення відновлюються під ремонтний розмір. Під дією ряду випадкових факторів, розміри поверхонь, що сполучаються, схильні до безперервної зміни (рис. 5).

На практиці найбільш поширений спосіб ремонтних розмірів, який полягає в тому, що одну з деталей, що сполучаються, зазвичай складну і дорожу (наприклад вал), механічною обробкою доводять до заздалегідь заданого ремонтного розміру, а іншу, простішу і дешевшу (втулку), замінюють новою, відповідного ремонтного розміру. При цьому повністю відновлюються працездатність сполучення, тому що при ремонтному розмірі обробляють з тими ж припущеннями, що і при виготовленні нових деталей. При цьому, наприклад, відповідна циліндрична деталь відновлюється способом хромування або термічного напилення.

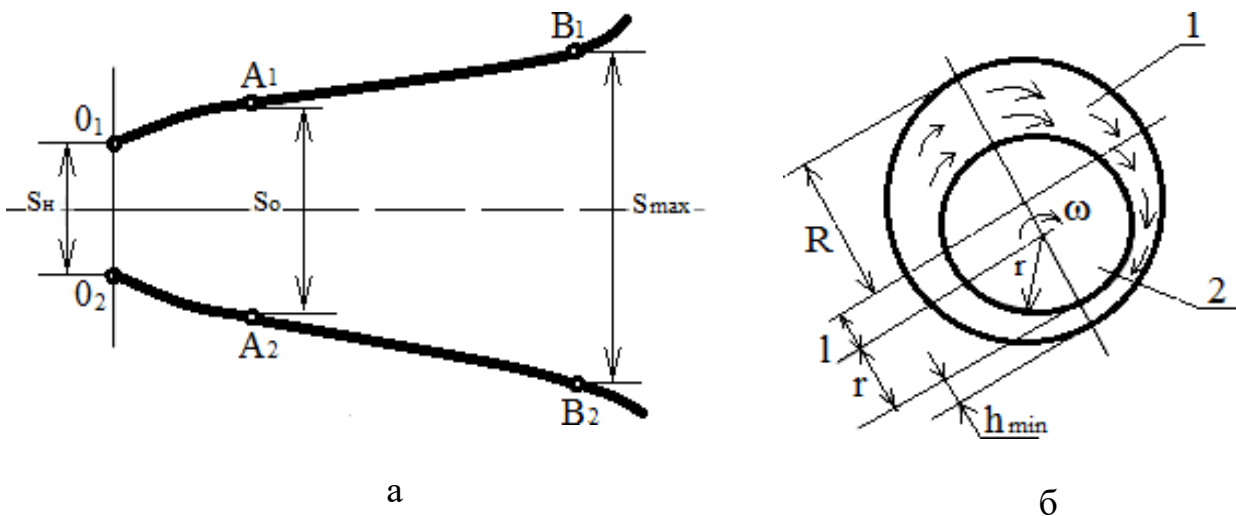


Рисунок 5 – Схема процесу зношування пари «вал-підшипник»:
 а – випадок зміни зазору в поєднанні; б – стан валу в підшипнику. 1 – вал;
 2 – підшипник; S_n – початковий зазор; S_o – оптимальний стан зазору;

S_{max} – граничний зазор; h_{min} – мінімальне значення товщини масляного шару; R , r – радіус валу і підшипника (втулки); l – абсолютний ексцентриситет

Для деталей типу валу черговий ремонтний розмір (рис. 6) діаметром:

$$D_{pi} = D_H - 2i(\delta_{max} + x), \quad (1)$$

де D_H – діаметр нового валу по кресленню, мм; i – порядковий номер ремонтного розміру; δ_{max} – найбільший знос на один бік, мм; x – припуск на обробку (на один бік), мм.

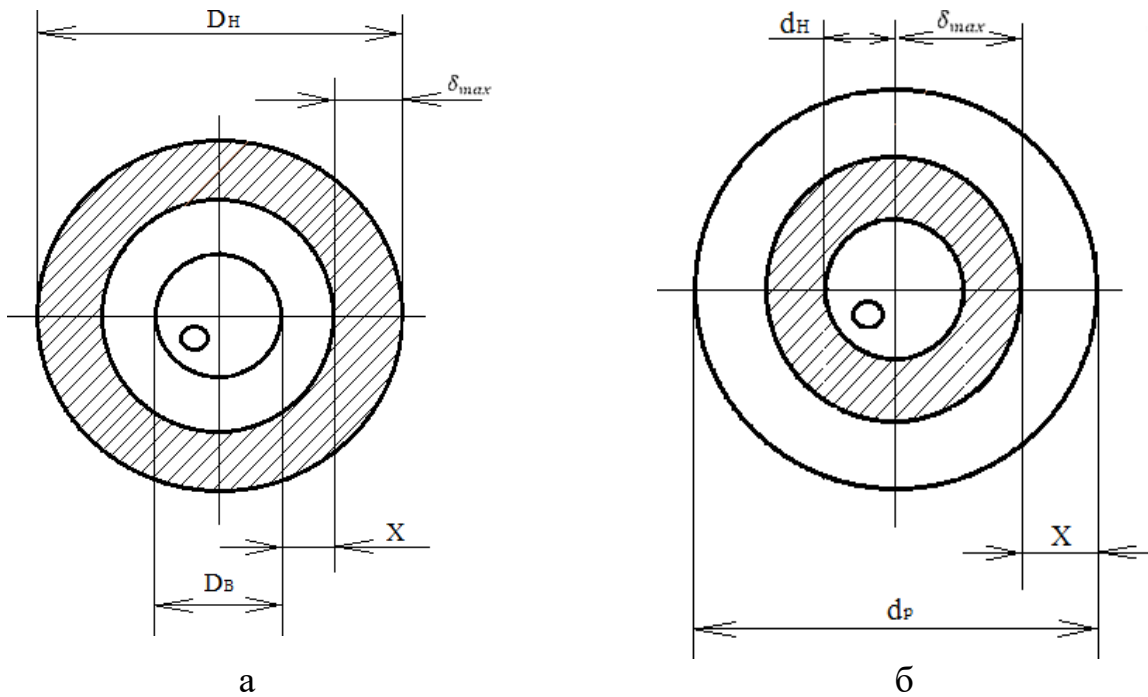


Рисунок 6 – Схема розрахунку оптимальних ремонтних розмірів для поверхонь:
а – зовнішніх; б – внутрішніх

Для деталей типу втулки черговий розмір діаметра отвору дорівнює

$$d_{pi} = d_H - 2i(\delta_{max} + x), \quad (2)$$

Де d_{pi} – діаметр отвору нової втулки по діаметру, мм;

Число встановлюваних ремонтних розмірів.

Для валу:

$$n_D = \frac{(D_H - D_{pn})}{\alpha} \quad (3)$$

Для втулки:

$$n_d = \frac{(d_H - d_{pn})}{\alpha} \quad (4)$$

де, α – ремонтний інтервал (різниця між розміром по кресленню та першим ремонтним розміром) або між сусідніми ремонтними розмірами; D_{pn} і d_{pn} – останній (граничний) ремонтний розмір.

Останній (граничний) ремонтний розмір органічний гранично допустимим розміром деталі, встановленим технічними умовами ремонт.

Вихідні данні для розрахунку ремонтних розмірів.

Для валу (шатунна шийка Д240-1005010)

D_H	i	δ_{max}	x	D_{pn}	α
68,25	1-4	0,25	0,065	66,0	0,5

Для втулки (шийка розподільвалу ГАЗ)

d_H	i	δ_{max}	x	d_{pn}	α
50,0	1-2	0,125	0,055	49,5	0,25

8 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Мета роботи. 2. Методика розрахунку і схема ремонтних розмірів. 3. Розрахунок ремонтних розмірів згідно завдання для валу о втулки. 4. Відповіді на контрольні питання. 5. Висновок.

9 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Виходячи с чого встановлюють ремонтні розміри.
2. Які дефекти деталей можливо відремонтувати методом ремонтних розмірів?
3. Опишіть технологічний маршрут процесу ремонту деталей із застосуванням додаткової ремонтної деталі.
4. Перелічити методи якими користуються при ремонті і відновленні деталей.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №6

БАЛАНСУВАННЯ ВУЗЛІВ І ДЕТАЛЕЙ МАШИН

1 МЕТА РОБОТИ

Отримати теоретичні і практичні навички динамічного та статичного врівноважування деталей; ознайомитись з роботою машини БМ-У4 для динамічного балансування валів.

2 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1. Навіщо необхідно проводити балансування деталей?
2. Що врівноважується при статичному, а що при динамічному балансуванні?

3 ЗАВДАННЯ

Ознайомитись із схемами динамічного та статичного врівноважування та обладнанням для балансування. Провести розрахунок величини металу, що знімається для врівноваження.

4 ЧАС ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Самостійна підготовка – 2 година;
Робота в лабораторії – 2 акад. години.

5 ЛІТЕРАТУРА

5.1 Основна

5.1.1 Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко та ін.; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. Підручник: (Затверджено МОН України як підручник для студентів ВНЗ, які навчаються за напрямом підготовки «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» від 21.06.10 № 1/11 – 545) – К.: Агроосвіта, 2014. – 665 с.

5.1.2 Практикум з ремонту машин: Навчальний посібник / О.І. Сідашенко, Т.С. Скобло, В.А. Войтов та ін.; За ред. О.І. Сідашенка, О.В. Тіхонова. – Харків.: ХНТУСГ, 2007. – 415 с.

5.1.3 Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій. / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, С.О. Лузан та інші. Навч. посібник – Харків: ХНТУСГ, 2017. – 361 с.

5.2 Додаткова

5.2.1 Repair Technology of Machinery and Equipment. Lecture course. Textbook. / O. Sidashenko, O. Tikhonov, S. Luzan, and others. – Kharkiv: KhNTUA, 2017. – 340 p.

5.2.2 Українсько-англійський словник термінів технологічних систем ремонтного виробництва: Навчальний посібник / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, Т.С. Скобло та ін. – Харків: ХНТУСГ, 2016 – 412 с.

6 ОСНАЩЕННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ

Роликовий пристрій для статичного врівноважування деталей.
Терези.
Штангенрейсмус.
Машина для динамічного балансування валів моделі БМ-У4.

7 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

У процесі експлуатації машин, внаслідок зношування та деформування деталей, відбувається порушення врівноваженості обертових складальних одиниць. До невірноваженості призводять також і не точність обробки деталей при їх відновленні через можливе усунення осей посадок, відступ від конструкторських баз, нерівномірний розподіл товщини нарощеного шару на поверхні зношеної деталі, не якісне збирання і т.д.

Невірноваженість – це стан, що характеризується таким розподілом мас, що викликає змінні навантаження на опори деталей, що обертаються. Вібрації, що виникають внаслідок цього, призводять до прискореного зношування сполучення і зниження корисної потужності машин, сприяють швидкій стомлюваності водіїв. Невірноваженість деталей машин і обладнання, що обертаються, усувається їх балансуванням. До деталей, що вимагають балансування, відносяться: колінчасті вали двигунів, ротори турбокомпресорів, лопаті вентиляторів, маховики, колеса, барабани центрифуг, карданні вали і т.д.

При обертанні тіла до кожної елементарної точкової маси його буде прикладена відцентрова сила інерції, спрямована по радіусу від осі обертання назовні дорівнює:

$$P_i = \mu_i \cdot \rho_i \cdot \omega^2,$$

де P_i – відцентрова сила інерції, Н; μ_i – елементарна точкова маса, кг; ρ_i – радіус від осі обертання до центру точкової маси, м; ω_i – кутова швидкість обертання ланки, с^{-1} .

Якщо деталь (складальна одиниця) буде ідеальним тілом обертання та вісь обертання деталі збігатиметься точно з геометричною віссю тіла, то така деталь буде повністю врівноваженим. Тобто для кожної маси, розташованої на певному радіусі, завжди існує в тій же площині, але з іншого боку від осі обертання інша дорівнює за величиною маса, віддалена від осі на таку ж відстань. Відцентрові сили цих мас взаємно врівноважуються. Насправді, отримати таку ідеальну деталь неможливо, навіть якщо воно має правильну форму тіла обертання. Невірноваженість то, можливо наслідком неоднорідності матеріалу деталі, похибок механічної обробки.

Розглянемо вал (рис. 1), що обертається в підшипниках А і Д з постійною кутовою швидкістю. Проведемо дві довільно вибрані площини I і II, перпендикулярні осі обертання валу (у нашому випадку ми прийняли площини по краях валу) припустимо, що в цих площинах ми можемо проводити врівноваження валу. Візьмемо на валу точку До з невірноваженою масою m ,

положення якої визначається радіусом r .

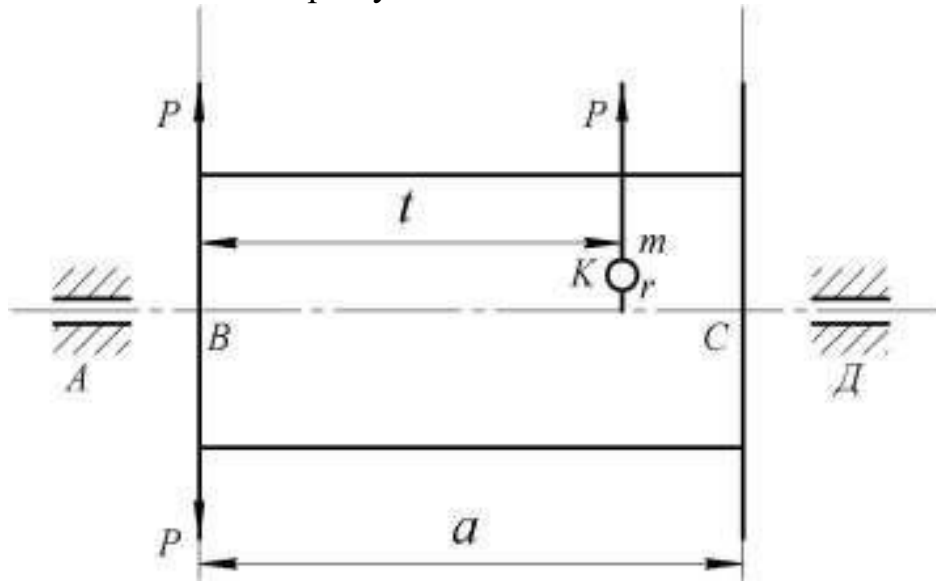


Рисунок 1 – Неврівноважений вал

Перенесемо силу P в площину I . Для цього в точці докладемо дві сили, одна з яких дорівнює P і їй паралельна, інша дорівнює їй за величиною, але протилежна за напрямком. В результаті отримуємо систему, що складається з сили P , прикладеної в точці, і пари сил з моментом:

$$M=P \cdot l,$$

де l – відстань від точки прикладання сили P до осі валу, м.

Сила P і момент M викликають додатковий тиск у підшипниках. Ці тиски безперервно змінюють свій напрямок, оскільки вектор сили P і вектор моменту M обертаються разом із валом. Для того щоб прибрати додаткові тиски в опорах і усунути коливання, що викликаються ними, необхідно врівноважити силу P і момент M . Цей процес врівноважування називається балансуванням. Проблема балансування у тому, що становище нерівноваженої маси та її величина, зазвичай, невідомі.

У деяких випадках врівноважується лише головний вектор сил інерції P , а величиною головного моменту від кількох сил інерції нехтують. Таке балансування називається статичною.

Якщо необхідно зробити повне врівноваження валу, то, крім головного вектора сил інерції, треба врівноважити також головний момент від пари сил інерції. Момент може бути представлений парою сил, одну з яких можна розташувати в площині приведення I (загалом з головним вектором), іншу в будь-якій площині II . Момент врівноважує пари повинен дорівнювати головному моменту від пари сил інерції.

Врівноваження пари сил можна зробити двома противагами (коригуючими вантажами), розташованими в I та II площинах. Таким чином, повне врівноваження досягається установкою трьох противаг. Однак два з них знаходяться в одній площині I і можуть бути замінені однією противагою. У результаті завдання врівноваження відцентрових сил інерції ротора, що обертається, може бути вирішена постановкою двох противаг, розташованих у

двох довільно обраних площинах, перпендикулярних осі обертання валу. Таке балансування називається динамічним.

У разі повного врівноваження ротора сума проекцій відцентрових сил на будь-яку площину, що проходить через вісь обертання ротора, повинна дорівнювати нулю:

$$\sum m_i \cdot \bar{r}_i \cdot \omega^2 + m_1 \cdot \bar{r}_1 \cdot \omega^2 + m_2 \cdot \bar{r}_2 \cdot \omega^2 = 0,$$

або, скоротивши ω^2 , отримаємо суму статичних моментів мас:

$$\sum m_i \cdot \bar{r}_i + m_1 \cdot \bar{r}_1 + m_2 \cdot \bar{r}_2 = 0,$$

Крім того, момент відцентрових сил від неврівноважених мас і противаг щодо будь-якої точки на осі обертання ротора повинен дорівнювати нулю.

Вибір площин корекції визначається конструкцією деталі та зручністю видалення (нарощування) металу.

При балансуванні колінчастого валу виникають труднощі з видаленням дисбалансу у двох площинах корекції. Може виявитися, що умова розташування дисбалансу лежить поза конфігурацією щік валу. У цьому випадку використовують чотири або навіть шість коригувальних площин, що дозволяють рівноважити наявний дисбаланс при будь-якому розташуванні (рис. 2) і в той же час попередити надмірне ослаблення щік валу при великій кількості металу, що знімається.

Для перевірки динамічної врівноваженості складальної одиниці застосовуються спеціальні балансувальні верстати, пристрій яких ґрунтується на використанні наступних явищ. При обертанні динамічно неврівноваженої деталі виникають навантаження її опори. Якщо ці опори зробити рухомими в площині, перпендикулярній до осі обертання складальної одиниці, що балансується, то вони почнуть вібрувати при обертанні складальної одиниці.

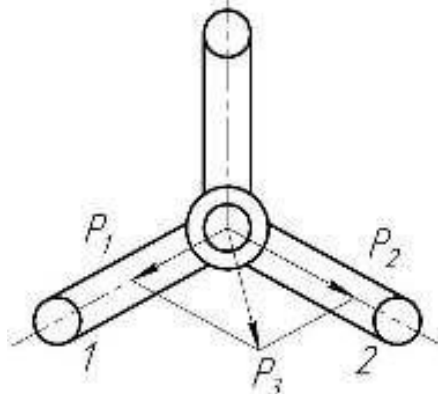


Рисунок 2 – Місця знімання металу (1, 2) при балансуванні колінчастого валу (одна сторона валу). P_1 і P_2 – складові відцентрової сили $P_{Ц}$, що підлягають врівноваженню з одного боку валу

По амплітуді коливання опор можна судити про величину дисбалансу складальної одиниці. При балансуванні дисбаланс усувається шляхом видалення певної кількості матеріалу або шляхом встановлення противаг.

Балансування є завершальною операцією технологічного процесу виготовлення та ремонту.

При малій довжині деталі (складальної одиниці), коли можна з деяким

наближенням вважати, що вся маса деталі (вузла) розташована в одній площині, перпендикулярній осі його обертання, можна обмежитися проведенням тільки статичного балансування. Статичне балансування може бути достатньою, якщо деталь (складальна одиниця) працює при малих частотах обертання.

Статичне балансування деталей виконують, як правило, на обертових опорах (рис. 3). Точність балансування на обертових опорах тим більше, чим менше опір в опорах і менше величина відношення діаметра цапфи деталі до діаметра опори, що обертається.

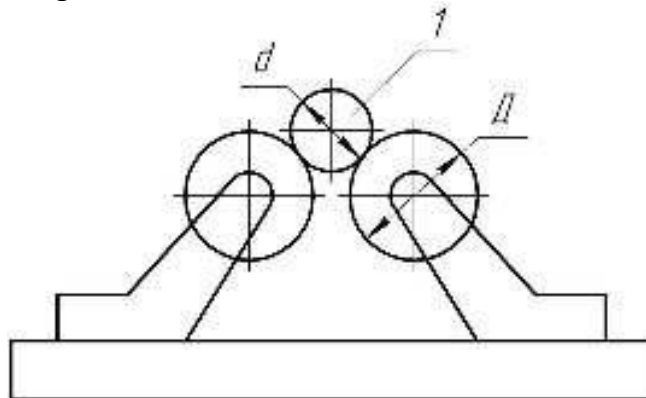


Рисунок 3 – Схема балансування на опорах, що обертаються:
1–балансована деталь

Нехай у деталі масою Q центр тяжіння S зміщений щодо осі обертання "0" на величину "d" (рис. 4). Завдання врівноваження полягає в тому, щоб підібрати таку противагу Q_n , розташовану на одній діаметральній прямій з центром S , але з іншого боку від осі обертання, щоб задовольнялася рівність

$$Q_n \cdot R_n = Q_p \cdot d$$

де R_n – радіус розташування противаги, м.

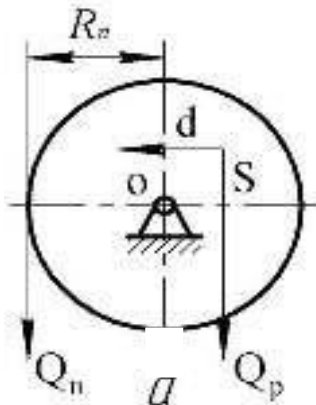


Рисунок 4 – Деталь зі зміщеним центром тяжіння

Оскільки при балансуванні величина R_n зазвичай визначається конструкцією деталі, потрібно визначити положення діаметральної прямої, що проходить через центр тяжіння S і величину противаги Q_n .

Порівняно просте принципове вирішення задачі статичного балансування досить легко реалізується практично. Вал диска укладають на ролики (рис. 3) з малим опором від тертя в опорах. У цьому полегшена частина диска

розташується вгорі.

Видаленням частини матеріалу з нижньої сторони диска (висвердлюванням або тирсою) домагаються такого положення диска, при якому після повороту його на будь-який кут він залишався б нерухомим (тобто був би в стані рівноваги).

Влаштування машини БМ-У4. Станину машини складають литі чавунні стійки 1 і 2, плита 3, сталеві труби 4, жорстко з'єднані між собою (рис. 5). На трубчастих напрямних машини зміцнюються дві опори 5 і 6, які після переміщення задане положення закріплюються гвинтами 7.

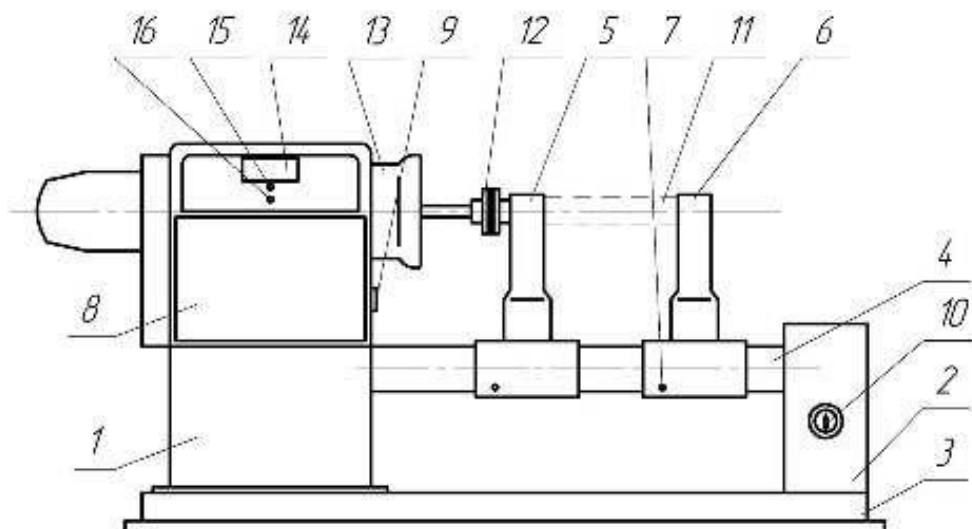


Рисунок 5 – Пристрій балансувальної машини БМ-У4:

1,2–стійки; 3–плита; 4–напрявні; 5, 6– опори; 7–гвинт;
8–шпиндельна бабка; 9–пускач; 10–включач; 11 – балансований вал;
12 – муфта; 13–маховик; 14 – вимірювальний прилад; 15, 16 – перемикачі

На стійці 1 жорстко укріплена шпиндельна бабка 8, а всередині стійки 1 змонтований електропривод, керований кнопковою станцією 9. У стійці 2 змонтований щит з електрообладнанням, включення якого здійснюється перемикачем 10.

На опорах кріпляться кронштейни 1 (рис.6), на яких монтуються 3 і фільтри 4. Електромагніти служать для автоматичного замикання та відмикання

колисок та приведення в дію маслонасосів. У корпусах опор на сталевих стрічках бпідвішені люльки 7 (рис. 6). Всередині корпусів вмонтовані масляні гасники коливань колисок 14. Датчики та механізми замикання опор 8. До корпусів прикріплені бачки 9 для автоматичного змащення вкладишів. Кількість масла для змащування вкладишів регулюється голкою 10. Змінні вкладиші 11 під шийки деталі, що балансується, кріпляться на півкільцях 12 пластинами13.

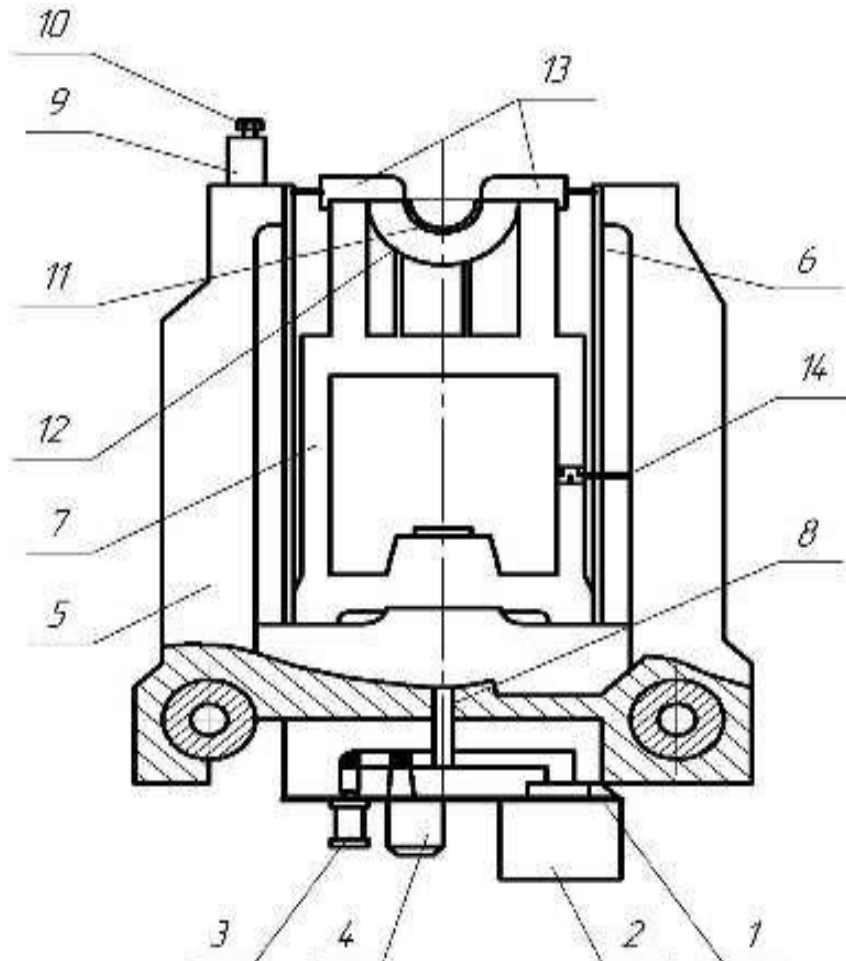


Рисунок6–Розташування деталей та вузлів опори:

1–кронштейн; 2–електромагніт; 3–насос; 4–фільтр; 5–корпус;
6–стрічка; 7–люлька; 8–тяга; 9–бачок; 10–голка; 11–вкладиш;
12 –півкільце; 13 – пластина; 14 – гасник коливань

Вимірювальний пристрій складається із датчиків, підсилювача, стробоскопічного освітлювача, мікроамперметра. Датчики служать для перетворення, кріпляться у корпусах опор. Сигнал від них підводиться до потенціометрів, змонтованих на пульті керування.

Підсилювач розміщений на передній кришці шпindelної бабки і служить для посилення, формування і складання сигналів датчика, а також формування електричних імпульсів для стробоскопічного освітлювача.

Вимірювальний прилад, стробоскопічний освітлювач, органи управління освітлювальним пристроєм і деякі органи налаштування змонтовані на пульті управління.

Вимірювальний пристрій та стробоскопічний освітлювач регулюють при пуску машини в експлуатацію, надалі при акуратному поводженні з машиною регулювання зберігаються.

Призначення та принцип дії машини БМ-У4. Машина призначена для динамічного балансування деталей від 5 до 200 кг. Неврівноваженість деталі викликає механічні коливання стояків опор. За допомогою датчиків ці механічні коливання перетворюються на електричні. Напруги датчиків, прямопропорційні неуврівноваженості, посилюються у вимірювальному пристрої, і їх величина зчитується на приладі.

При коливанні опор 1 і 2 (рис.7) в обмотках-датчиках 3 і 4, що рухаються в магнітних полях постійних магнітів 5 і 6, збуджується електродвигуна сила, пропорційна амплітуді коливань. Реостатом *A* (рис. 7) можна змінити вихідну напругу обмотки 3 і прирівняти її до вихідної напруги обмотки 4 при дисбалансі Q_1 , розташованому в площині *I*. Це виключить вплив дисбалансу в площині *I* на показання мілівольтметра 7. Показання мілівольтметра залежатимуть тільки від дисбалансу розташованого у площині *II*.

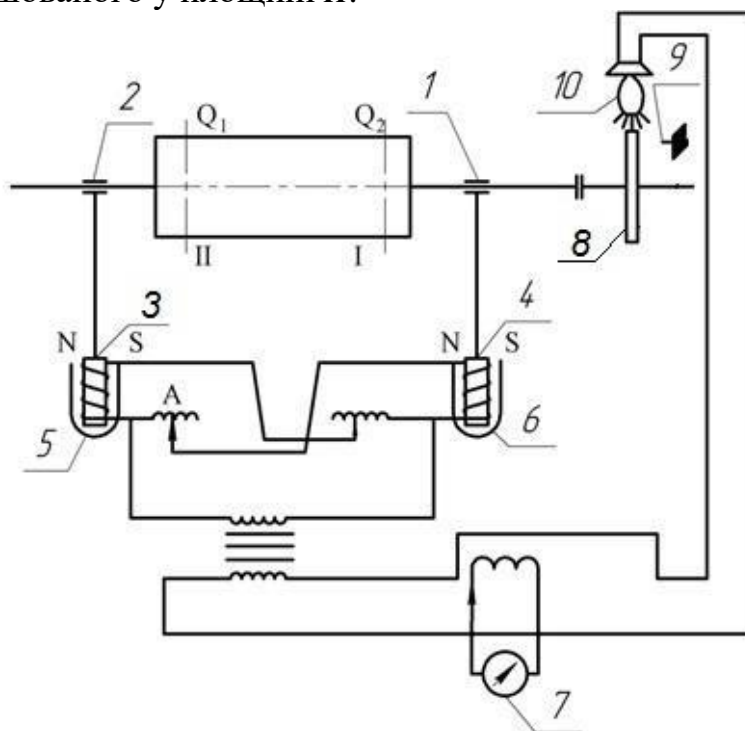


Рисунок 7–Принципова схема машини для динамічного балансування деталей БМ-У4

Послідовне перемикання з однієї електричної схеми в іншу дозволяє визначити величину дисбалансу в площинах *I* і *II*. Кутове розташування дисбалансу визначається стробоскопічним пристроєм. При цьому безінерційна лампа 10 спалахує при максимальному відхиленні хитних опор балансованого вузла, а нерухомий покажчик 9 відзначає на обертовому градусованому диску 8 кутове положення дисбалансу. Після визначення величини та кутового розташування дисбалансу його усувають місцевою обробкою обтяжених ділянок або закріпленням противаг на полегшених ділянках.

Площини коригування всередині виробу можуть бути обрані в найбільш зручній її частині, причому коригування в одній площині не впливає зміну дисбалансу в іншій.

Кількість металу, яке слід додати чи зняти у процесі коригування, залежить від величини неврівноваженості, яка безпосередньо прочитується на шкалі приладу.

Визначення кутового положення місця коригування проводиться за допомогою стробоскопічного освітлювача 10 (рис. 7), який керується напруженою датчика, причому кожен раз, коли напрямок неврівноваженості виявляється на лінії стрілки, лампа спалахує. Кутовий напрямок визначається за шкалою лімба, укріпленого на шпинделі. При спалах лампи стробоскопічного освітлювача цифри на лімбі здаються нерухомими. Цифра, що опинилася проти нерухомої стрілки, визначає кутовий напрямок неврівноваженості. Балансування на машині можуть піддаватися деталі, центр тяжкості яких знаходиться між опорами. Такими деталями можуть бути: колінчастий вал, колінчастий вал у зборі з маховиком та зчепленням двигуна, автомобільні колеса, маховики, шкиви вентилятори, ротори турбін тощо.

Привід деталі здійснюється від електродвигуна через ремінну передачу на шків шпинделя. Зі шпинделя через пружні муфти і приводний 1 вал обертання передається деталі, що балансується.

СПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Статичне балансування. Встановити деталь цапфами на опори, що обертаються. Під дією моменту, що розвивається вагою деталі, деталь почне обертатися доти, доки її центр тяжіння S не займе нижче положення. Вертикальна діаметральна пряма ротора, що зупинився, і буде тією, на якій необхідно встановити противагу.

Проте положення противаги, знайдене таким чином, буде приблизним, так як при обертанні деталі в опорах виникає момент тертя, який протидіє моменту від ваги деталі. Момент тертя дорівнює:

$$M_m = K \cdot Q$$

де K – коефіцієнт тертя.

Тому, якщо центр тяжкості S деталі знаходиться в будь-якій точці дуги $S-S$ (рис. 7) (становище точок S_i S визначається коефіцієнтом тертя K), момент від ваги деталі буде, менше моменту тертя і деталь перебуватиме в рівновазі.

Для більш точного визначення величини та площини розташування дисбалансу надходять у такий спосіб. Вертикальною рисою відзначити "важке місце X " деталі, що балансується.

Деталь повернути на 90° так, щоб проведена характеристика розташовувалася на одній висоті з віссю оправлення.

З протилежного боку " X " деталі прикріпити мастикою вантаж (набір вантажів) такої величини, щоб деталь залишалася в нерухомому стані.

Перевернувши деталь на будь-який кут перевіряють її нерухомість, у разі обертання деталі проводять коригування маси вантажу.

Потім вантаж знімають та зважують. Кількість металу, що підлягає

видаленню, дорівнює половині вантажу. Метал знімають з боку мітки X на радіусі розташування вантажу.

Динамічна балансування на машині БМ-У4. Встановити колінчастий вал на опори машини, попередньо підбравши змінні вкладиші. З'єднати муфтою із приводом.

Обертаючи маховик, переконатися у вільному обертанні колінчастого валу.

Увімкнути вимикач 10 і кнопкою пуск обертала.

Встановити перемикачі на пульті в положення "грубо" і "ліва" (якщо показання приладу менше 300 г см, перемикач поставити в положення "точно").

Записати показання приладу та кут стробоскопа.

Аналогічно проводиться вимір для правої сторони. Вимкнути машину.

Визначити та намітити місце зняття металу на колінчастому валу з ліва та праворуч для його врівноважування. Зняти колінчастий вал зі верстата.

Визначити необхідну кількість матеріалу, що знімається методом свердління.

Визначити діаметр свердла та глибину свердління.

9 ЗМІСТ ЗВІТУ

Мета роботи. Види балансування деталей та вузлів. Обладнання для балансування. Схема динамічного та статичного врівноважування. Розрахунок величини металу, що знімається для врівноваження. Відповіді на контрольні питання

10 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Як проводиться статичне балансування?
2. Як проводиться динамічне балансування?
3. Принцип дії машини динамічного балансування деталей.
4. Як визначити місце і кількість металу, що знімається для динамічного врівноважування деталі?
5. Назвіть основні вузли балансувальної машини та їх призначення.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №7

МЕТОДИ ВИКОНАННЯ ТА ПЕРЕВІРКА ЯКОСТІ ЦЕНТРУВАННЯ ОДИНИЦЬ ПРИ СКЛАДАННІ

1 МЕТА РОБОТИ

Ознайомитися з порядком проведення та перевіркою якості центрування складальних одиниць при проведенні складальних робіт. Вивчити конструкції центрувальних скоб.

2 ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

2.1 Які деталі підлягають перевірці взаємного розташування та центрування?

2.2 У чому полягає необхідність перевірки взаємного розташування та центрування валів, муфт та складальних одиниць?

2.3 Які існують способи перевірки взаємного розташування валів і муфт?

2.4 Які існують способи перевірки відхилення валів від правильного розташування?

2.5 Який інструмент використовується для перевірки взаємного розташування та центрування?

3 ЗАВДАННЯ

Ознайомитися зі змістом загальних відомостей до порядку проведення та перевірці якості центрування складальних одиниць та обладнання при проведенні складально-монтажних робіт. Здійснити розрахунок зміщення та відрегулювати взаємне розташування валів.

4 ЧАС ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Самостійна підготовка – 2 година;
Робота в лабораторії – 4 акад. години.

5 ЛІТЕРАТУРА

5.1 Основна

5.1.1 Савуляк В.В. Складальні процеси в машинобудуванні: навчальний посібник / укладач: В.В. Савуляк – Вінниця: ВНТУ, 2014. – 99 с.

5.1.2 Гурський П.В. Практикум монтаж, ремонт, наладка обладнання харчових виробництв. / П.В. Гурський, Ф.В. Перневий, І.С. Гулий та ін. – Харків, 2001. – 230 с.

5.1.3 Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко та ін.; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. Підручник: (Затверджено МОН України як підручник для студентів ВНЗ, які навчаються за напрямом підготовки «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» від 21.06.10 № 1/11 – 545) – К.: Агроосвіта, 2014. – 665 с.

5.1.4 Практикум з ремонту машин. Технологія ремонту машин, обладнання та їх складових частин. Том 2. Навчальний посібник. / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов та інші – Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018. – 491 с.

5.2 Додаткова

5.2.1 Наукові основи складання машин: конспект лекцій / укладачі: В.І. Савчук, О.В. Івченко – Суми: Сумський державний університет, 2013. – 212 с.

5.2.2. Коваленко І.В. Монтаж, експлуатація та ремонт обладнання хімічних виробництв.: Навчальний посібник / І.В.Коваленко. – К.,2011. – 580 с.

6 ОСНАЩЕННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ,ІНСТРУМЕНТИ, МАТЕРІАЛИ

Рама з отворами під складальні одиниці, двигун асинхронний, редуктор, муфти, редуктор і необхідний набір інструмента.

7 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

У приводах конвеєрів і інших машинах крутний момент передається від одного вала до іншого за допомогою муфти, ремня (пасова передача), ланцюгів (ланцюгова передача), зубчастих коліс (зубчаста передача), жорстких фрикціонів (фрикційна передача). При монтажі таких валів виникають відхилення від нормального (розрахункового) розташування геометричних осей цих валів, відхилення від розташування валів наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Відхилення від розташування валів у просторі

Назва відхилення	Ескіз відхилення	Позначення на кресленні
Кутове відхилення (перекіс осей)		
Відхилення від співвісності (радіальне зміщення)		
Відхилення від перпендикулярності		
Відхилення від перетину осей (не співвісність)		
Відхилення від паралельності		

Попередньо у валів, муфт, опор валів перевіряється їх відхилення від форми (циліндричної, округлості, прямолінійність, площина) з тим щоб, при подальшій після монтажу перевірці відхилень від розташування, врахувати відхилення від форми.

Відомо кілька способів перевірки відхилення валів від правильного

розташування (рис. 1). Найбільш точні способи – з використанням мікрометричних приладів.

Значне підвищення точності отримують у випадку застосування скоб тому що при цьому суттєво збільшується контрольоване значення параметра за рахунок збільшення радіуса, на якому визначається відхилення.

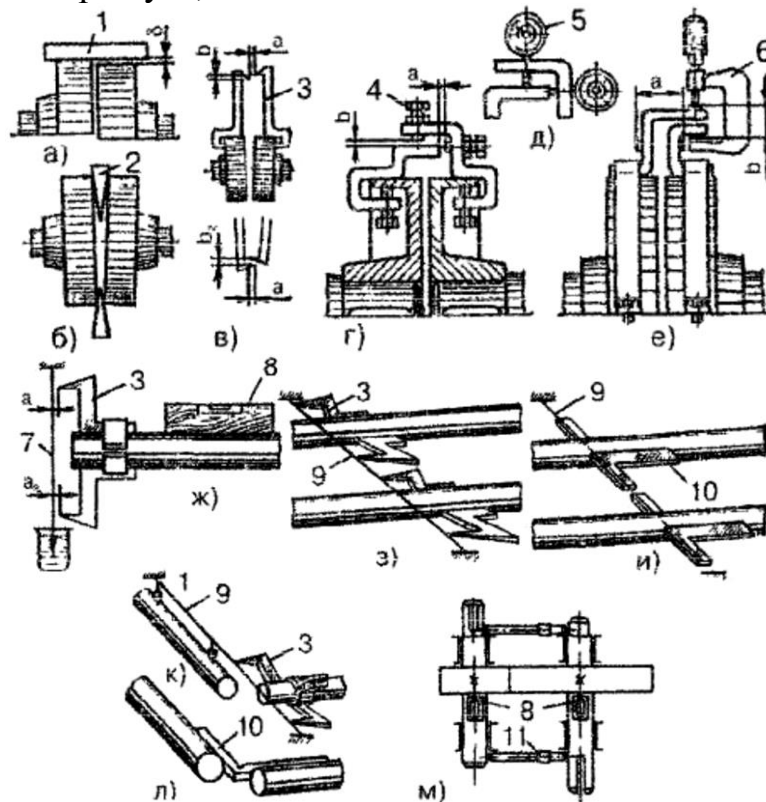


Рисунок 1– Способи перевірки взаємного розташування валів і муфт:
 а – по лінійці (співвісні при $\delta = 0$ у будь-якій положенні); б – по клинах (без перекосу при однакових заглибленнях клина в будь-якій положенні); в – по скобі (співвісні при $a_1=a_2$ і $b_1=b_2$); г – те ж, з регулювальними гвинтами; д – те ж з індикаторами; е – те ж, з мікрометром; ж – по схилу, скобі та рівню; з – по струні та скобам; і, до, л – по струні та косинцю; м – по нутроміру та рівню:
 1 – лінійка; 2 – клин; 3 – скоба; 4 – регулювальний болт; 5 – індикатор;
 6 – мікрометр; 7 – схил; 8 - рівень; 9 – струна; 10 – косинець; 11 – нутромір

Допустиме відхилення в розташуванні валів, муфт повинно бути тим менше чим більше їх частота обертання.

Зі збільшенням діаметра валу допустиме зміщення збільшується приблизно тому що це наведено на рис. 2.

Для більшості муфт допустимі відхилення при їхньому складанні: кутове – $\delta=20'..40'$ що рівносильне перекосу 0,01...0,02мм на 100мм довжини; радіальне від – 0,02 до 0,06мм.

При з'єднанні валів ланцюговими муфтами залежно від діаметра валу допускається зміщення осей валів: радіальне – 0,15...0,7мм, кутове – до 1° . Муфти з пружною торообразною оболонкою допускають ще більший зсув валів – радіальне до 5мм. Найбільше кутове зміщені хв допускають самоустановлювальні кутові муфти (кардани) до 45° .

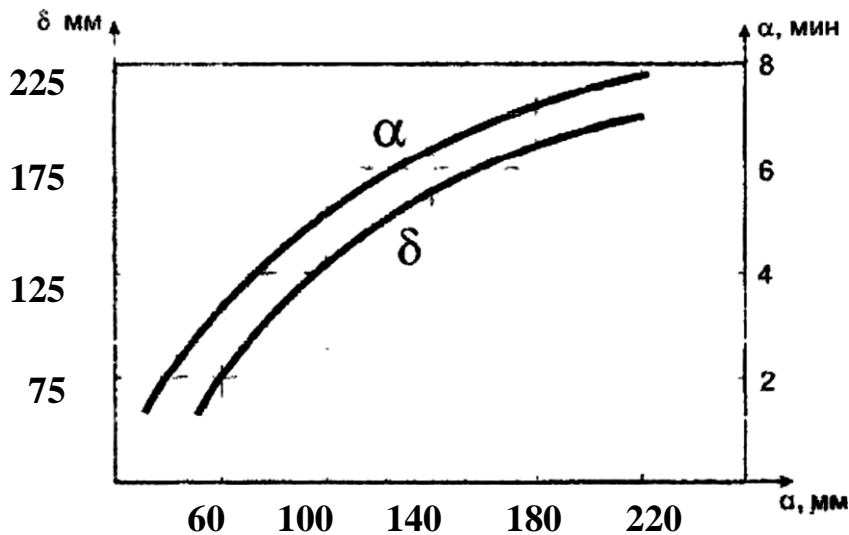


Рисунок 2 – Допустиме зміщення осей, валів:
 α – кутовий зміщення; δ – радіальне

Помилки через недостатню жорсткість скоб. Недостатня жорсткість скоб приводить до значних помилок, особливо при вимірюванні щупом у важкодоступних місцях. Щуп повинен проходити в вимірюваному місці щільно, не викликаючи відгинання скоб, без зусилля, але і без залишення зазору. Однак якщо щуп пройшов через вимірюваний зазор, — це ще не виходить, що відстань обмірювана точно. Необхідно збільшити набір пластин на 0,02-0,05мм і спробувати просунути щуп (без зусилля, що деформує скоби) через зазор. Тільки в тому випадку, коли збільшений набір пластин не пройде через зазор, попереднє вимірювання можна вважати вірним.

Конструкції центрувальних скоб. На рисунках 3 і 4 наведені ескізи рекомендованих конструкцій центрувальних скоб. При виборі конструкції необхідно, насамперед, перевіряти можливість застосування індикаторів годинникового типу (рис. 3,а та 4,а). Фактична точність центрування при цьому зростає в 5-10разів у порівнянні із центруванням при вимірюваннях щупом, швидкість виконання центрування збільшується, а конструкція інструмента спрощується, немає необхідності в застосуванні двох пар скоб і т.д. Обмежують застосування індикаторів лише габарити розточення, у якому встановлюються центрувальні скоби. У такому випадку індикатори можуть не поміститися в розточенні.

Потрібно прагнути застосовувати так звані «довгі» скоби (рис. 4); вони дають більш точні вимірювання відхилень по торцю напівмуфт, а при застосуванні індикаторів, установлених на добре обробленій поверхні вала або напівмуфти, дозволяють не обмежувати осьове переміщення, спрощують підготовку та проведення центрування.

Якщо скоби складаються із двох половин, треба виділяти поверхні, між якими ведеться вимірювання щупом, і встановлювати стрілки для перевірки взаємного положення скоб.

Фіксація постійного взаємного положення муфт при центруванні. Для запобігання взаємного зміщення напівмуфт по окружності, центрування

проводять обертаючи обоє ротора завжди в одну сторону. При цьому стежать за тим, щоб вимірювання при centruванні проводилися завжди в тих самих крапках (місцях), звичайно в чотирьох: ліворуч, зверху, праворуч, знизу, потім вертаються до першої (для перевірки того, що виміри у вихідній точці залишилися без зміни). Напрямок обертання може бути довільним, але під час центрування воно повинне бути незмінним. При неможливості зробити вимірювання в одній із чотирьох крапок, звичайно в нижній, прибігають до зчитування показання індикатору за допомогою дзеркальця на довгій ручці або використовують вимірювання лише в трьох крапках приблизно так: ліворуч, зверху, праворуч. Показання знизу одержують, віднімаючи показання зверху з напівсуми бічних вимірів. Рекомендується бічні вимірювання орієнтувати: наприклад, замість «праворуч» записувати – «на завод», «на димар» і т.д.

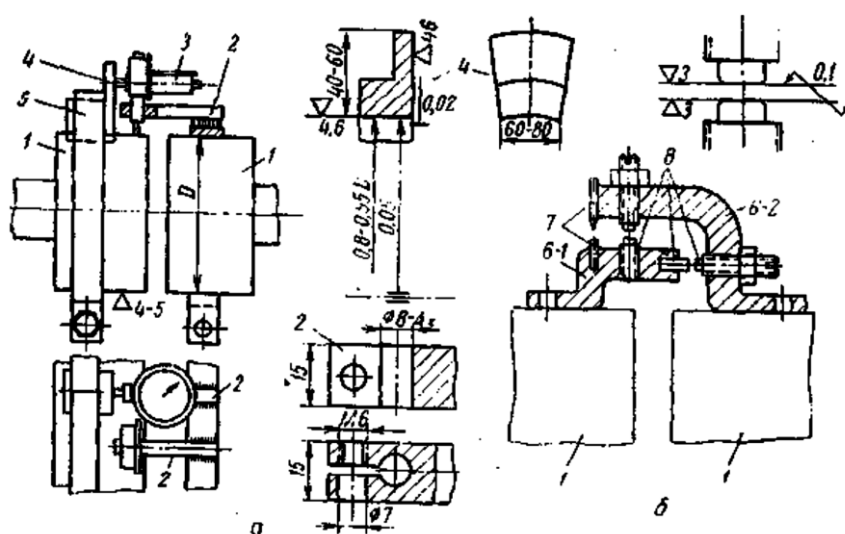


Рисунок 3— Рекомендовані конструкції центрувальних скоб:

- 1 – напівмуфти; 2 – скоби для встановлення індикатору; 3 – індикатор; 4 – гребінь для вимірювання по торцю при відсутності на напівмуфті торцевих уступів; 5 – хомут для кріплення скоб (при неможливості прикріплення до напівмуфт більш простим способом); 6-1 і 6-2 – напівскоби для вимірювання відхилень за допомогою пластинчастого щупа; 7 – стрілки для контролю сталості взаємного положення скоб перед вимірюванням; 8 – вимірювальні поверхні

Щоб уникнути помилок при відставанні одного ротора від іншого під час обертання, рекомендується скріплювати ротори так, щоб скріплення не заважало центруванню: вставити в пази напівмуфт брусок із твердого дерева або скріпити напівмуфти шпилькою з діаметром, багатим меншим діаметра штатного болта (пальця), надягнувши на тимчасову шпильку відрізок гумового шланга.

Обмеження осевого розбігу найкраще виконати скріпленням напівмуфт між собою так, щоб це не заважало центруванню. Простіше всього це досягається закладкою трьох шайб із листової гуми товщиною від 3 до 10мм, при використанні для стягування тимчасової шпильки.

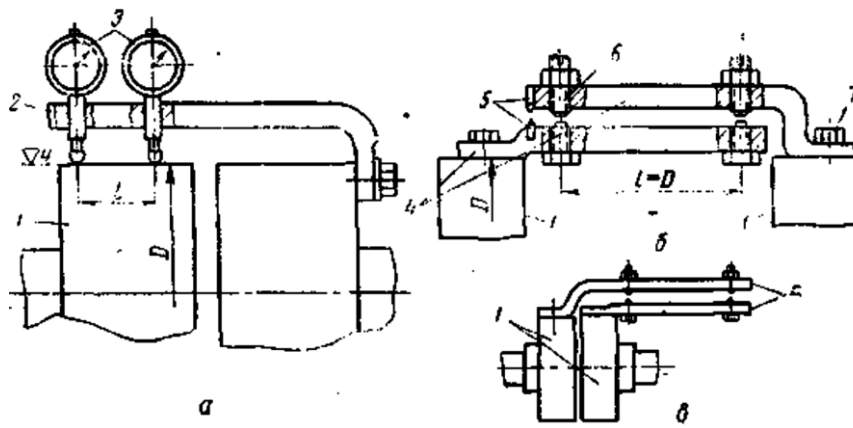


Рисунок 4— Схеми центрування при використанні рекомендованих конструкцій «довгих» центрувальних скоб:

а – за допомогою індикаторів; б, в – за допомогою щупів; 1 – напівмуфти; 2 – скоби для установки індикаторів; 3 – індикатори; 4 – скоби для вимірювання щупом; 5 – стрілки; 6 – мірятьні поверхні; 7 – болти кріплення до напівмуфт (при можливості свердління та нарізування отвору М6 – М8)

Тільки при великій відстані між напівмуфтами, коли скріплення утруднене, слід застосовувати розпір.

У деяких випадках осьове зміщення можна обмежити на кожному з роторів окремо, застосовуючи закладку з тимчасових прокладок або шайб в підшипники або встановлюючи упори ближче до центрів валів.

Підготовка до центрування. Майже у всіх випадках центрування технологічного обладнання, досить застосовувати одну пару (один комплект) скоб. Дві пари застосовують лише при центруванні машин, що мають швидкості обертання більш 3000 об/хв, якщо не можна застосувати при цьому скоби з індикаторами. При використанні двох пар скоб вимірюють і записують різницю показання по радіусу та торцю для двох пар протилежних скоб.

Скоби, призначені для вимірювання щупом, перевіряються на паралельність мірятьних поверхонь. Перевірка індикатору зводиться до відтягування вимірювального стрижня та відпусканню із клацанням, при цьому показання індикатору не повинні збиватися.

Скріплення скоб і обмеження осьового розбігу повинні бути виконані так, щоб напівмуфти перебували на такій же відстані друг від друга, як при роботі. Підшипники повинні бути зібрані так, щоб була неможлива зміна положення вала при центруванні. Підшипники злегка змазують.

Плавно повертаючи обоє ротора, ставлять їх у чотири згадані вище положення. При цьому напівскоби не повинні чіплятися один за одного, або зачіпати за розточення.

Первісну установку на скобах роблять в одному з найбільш зручних положень, звичайно верхньому. При застосуванні двох пар скоб обов'язково на кожній парі виставити строго однакові вихідні установки при тому самому положенні скоб; без цього застосування двох пар скоб дуже незручно. Первинна установка – звичайно 0,50мм на шкалі міліметрів (малої) на індикаторі та – 0,00 на великій шкалі - сотих міліметра. При вимірі щупом

первинна установка – 1-3мм.

Плавно повертаючи обоє ротора, переконуються, що після повороту та повернення у вихідне положення (звичайно верхнє) показання індикатору або виміру зазору щупом не дають змін.

Роблять первісний запис вимірів по чотирьом крапкам (рис. 5). Традиційної є запис вимірів зміщення по радіусу за межами окружності та уписування відхилень по торцю усередині окружності.

При використанні скоб, зображених на рис. 5, записи заносяться у формуляр без обчислень. Тільки при оцінці вимірів по торцю потрібно мати на увазі, що ці вимірювання повинні ставитися до діаметра напівмуфти. Якщо скоби мають великий радіус, вимірювання множать на відношення, D/d , де d – діаметр по скобі, а D – діаметр напівмуфти.

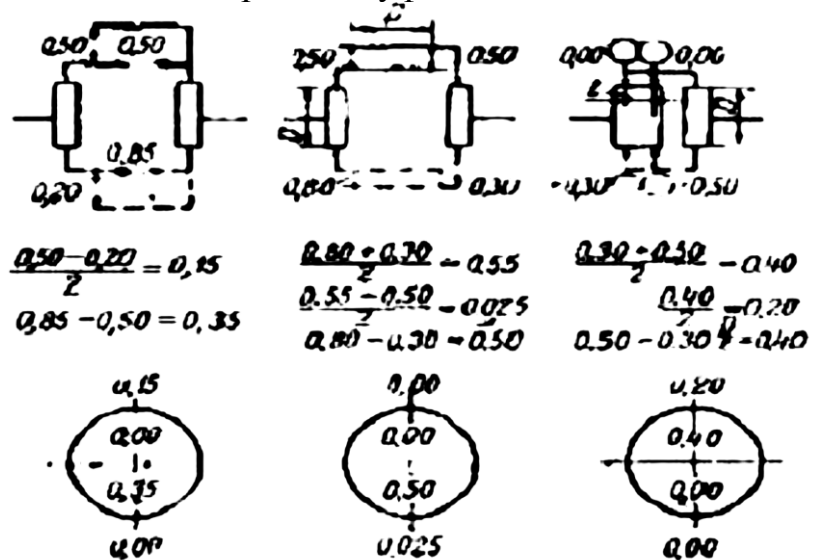


Рисунок 5– Приклад записи вимірів при центруванні

При використанні «довгих» скоб (див. рис. 4) радіальні вимірювання ведуться по крапці /, а торцеві виходять як різниця вимірів по крапках / і // (позначки / і // наносяться на валу або муфті, довільно крейдою або маркером у двох взаємно перпендикулярних площинах). При двох парах скоб радіальні та торцеві вимірювання віднімаються. Завжди з показань комплекту № 1 віднімають показання по комплекту № 2, так само як з вимірів по крапці / віднімають виміри по крапці //. Різниці записують із їхніми знаками. Якщо при «довгих» скобах l відрізняється від D (див. рис. 4, а), результати виміри множать на відношення D/d .

Одержавши первісний запис, його перевіряють: сума радіальних і торцевих вимірів по кожному діаметру повинна дорівнювати сумі вимірів по перпендикулярному діаметру. Припустимі відхилення вимірювань – 0,05 та 0,02мм при вимірі щупом і індикатором відповідно.

При оцінці якості центрування треба мати на увазі, що при грубій невідцентрованості по торцю (великому зламі осей валів) суми вимірів по радіусу можуть бути різні, тому що при обертанні скоби описують еліпс замість окружності. При більших відхиленнях перевіряють кріплення скоб. Після

грубої перевірки приступають до проведення точного центрування.

8 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зробити монтаж складальних одиниць на рамі, провести центрування, перевірку якості центрування та фіксацію обладнання.

Послідовність виконання завдання

1. Ознайомитися із загальними відомостями.
2. Установити двигун і редуктор на рамі.
3. Установити напівмуфти на вихідні кінці валів редуктора та двигуна.
4. Перевірити за рівнем горизонтальність і вертикальність.
5. Зафіксувати один з валів і відзначити перше положення другого вала.
6. Зафіксувавши валі від обертання в довільно обранім положенні (умовно назвавши його першим, $\varphi = 0^\circ$) вимірюють відхилення (рис. 6):

$$a_1, b_1^0, b_2^0, b_3^0, b_4^0.$$

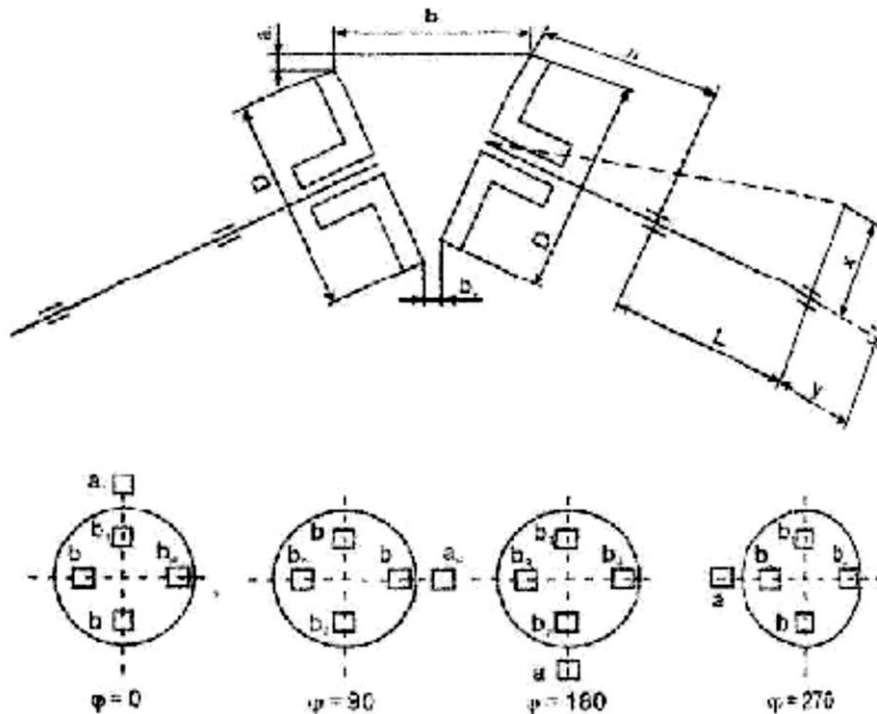


Рисунок 6 Схема центрування валів (муфт) і запису її результатів

7. Повертають один вал щодо іншого на кут $\varphi = 90^\circ$ вимірюють відхилення:

$$a_4, b_1^{90}, b_2^{90}, b_3^{90}, b_4^{90}.$$

8. Повертають вал на 180° , вимірюють відхилення:

$$a_2, b_1^{180}, b_2^{180}, b_3^{180}, b_4^{180}.$$

9. Повертають вал на 270° , вимірюють відхилення:

$$a_3, b_1^{270}, b_2^{270}, b_3^{270}, b_4^{270}.$$

10. Розраховуються параметри:

$$b_1 = \frac{b_1^0 + b_1^{90} + b_1^{180} + b_1^{270}}{4}; b_2 = \frac{b_2^0 + b_2^{90} + b_2^{180} + b_2^{270}}{4},$$

аналогічно для b_3, b_4 .

11. Перевіряються рівності (оцінка правильності проведення вимірів):

$$a_1 + a_2 = a_3 + a_4;$$

$$b_1 + b_2 = b_3 + b_4.$$

У випадку невиконання рівності роблять повторне обертання вала та повторний вимір показників.

12. Знаходять розцентровку:

$$\text{по горизонталі } \Delta a_{\Gamma} = \frac{a_3 + a_4}{2}; \quad \Delta b_{\Gamma} = \frac{b_3 + b_4}{2};$$

$$\text{по вертикалі } \Delta a_B = \frac{a_1 + a_2}{2}; \quad \Delta b_B = \frac{b_1 + b_2}{2}.$$

13. Визначається необхідний зміщення валу для усунення розцентровки:

$$\text{по горизонталі } x_{\Gamma} = \frac{2\Delta b_{\Gamma}l}{D};$$

$$\text{по вертикалі } x_B = \frac{2\Delta b_B l}{D};$$

де l - відстань між підшипниками валу;

D - діаметр напівмуфт (скоб) у місці виміру зазорів.

14. Визначається необхідне зміщення уздовж осі валу:

$$y = x \frac{n}{l}$$

де n - відстань те торця напівмуфти до середини найближчого підшипника.

15. Після коректування положення опор валу знову повторюють усі операції та домагаються припустимих відхилень. Під час перевірки центрування заповнити табл. 2 і 3.

Таблиця 2

Вихідні данні

Найменування показників	Площини повороту муфт (валу)			
	b_0	b_{90}	b_{180}	b_{270}
Відхилення, мм				
$a_1 =$				
$a_2 =$				
$a_3 =$				
$a_4 =$				

Розрахункові данні

Найменування показника	Величина показника	
	a	b
Розрахункова величина при куті повороту, °	-	-
0	-	
90	-	
180	-	
270	-	
Розцентровка, мм		
- по горизонталі		
- по вертикалі		
Зміщення, мм		
- по горизонталі		
- по вертикалі		
Зміщення уздовж осі валу, мм		

9 КОРОТКІ ВКАЗІВКИ ПО ТЕХНІЦІ БЕЗПЕКИ

При виконанні слюсарно-монтажних робіт користуватися тільки справним спеціальним інструментом і пристроями. При переміщенні та установленні важких складальних одиниць та обладнання користуватися вантажопідійомними пристроями та обладнанням.

Забороняється робити виконання монтажно-демонтажних робіт особам, які не пройшли інструктаж з техніки безпеки.

10 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Мета роботи. 2. Відповіді на запитання самостійної підготовки; 3. Ескізи рекомендованих центрувальних скоб з відповідними поясненнями; 4. Опис послідовності центрування по напівмуфтах; 5. Заповнити таблицю виміру вихідних даних і таблицю розрахункових величин; 6. Відповіді на контрольні питання. 7. Висновок.

11 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 11.1. Від чого залежить точність центрування?
- 11.2. Куди та за допомогою чого кріпляться центрувальні скоби?
- 11.3. Чим і як проводяться вимірювання (зазорів і ін.)?
- 11.4. У якій послідовності проводять підготовку до центрування?
- 11.5. У яких крапках (положеннях) роблять вимірювання при центруванні?
- 11.6. Наведіть і поясніть запис вимірів по чотирьом точкам.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

**ВВЕДЕННЯ В ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС МАШИН: МЕТОДИ
УСУНЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ**

Методичні вказівки до виконання практичних робіт

Укладачі:

Черновол Михайло Іванович, ЦНТУ
Шепеленко Ігор Віталійович, ЦНТУ
Рибалко Іван Миколайович, ДБТУ
Науменко Олександр Артемович, ДБТУ
Тіхонов Олександр Всеволодович, ДБТУ
Василенко Іван Федорович, ЦНТУ
Мартиненко Олександр Дмитрович, ДБТУ
Красота Михайло Віталійович, ЦНТУ

Підписано до друку 22.02.2024р
Формат 70x108 1/16 Папір офсетний. Друк різнографічний.
Гарнітура TimesNewRoman. Ум. друк. Арк. 4,18
Обл. – друк. арк. 4,04
Наклад 100 прим. Зам № ____

Надруковано у друкарні: ТОВ «Діса плюс»
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників та
розповсюджувачів видавничої продукції: серія ДК№ 4047 від 15.04.2011р.
Адреса для листування:
61029, Харків, шосе Салтівське буд. 154
Тел. (057) 768-03-15