

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Білоус О.І.

## **КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

з дисципліни

### **«МОНТАЖ, ДІАГНОСТИКА ТА РЕМОНТ ОБЛАДНАННЯ»**

**для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня  
зі спеціальності**

**133 Галузеве машинобудування  
за освітньо-професійною програмою  
«Галузеве машинобудування»**

Затверджено  
редакційно-видавничою секцією  
науково-методичної ради ДДТУ  
----- протокол №

Кам'янське  
2017

Конспект лекцій з дисципліни «Монтаж, діагностика та ремонт обладнання» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування за освітньо-професійною програмою «Галузеве машинобудування» / Укл.: Білоус О.І. - Кам'янське: ДДТУ, 2017 р. - 113 с.

Укладач доц. каф. МО Білоус О.І.

Відповідальний за випуск зав. кафедрою МО Бейгул О.О.,

Рецензент канд. техн. наук, доц. Шматко Д.З.

Затверджено на засіданні кафедри машинобудування  
/протокол № від 2017 р.

Коротка анотація видання. Курс лекцій написаний у відповідності до робочої програми дисципліни «Монтаж, діагностика та ремонт обладнання», включає контрольні питання та перелік літературних джерел.

3MICT

3



## ВСТУП

Дисципліна «Монтаж, діагностика та ремонт обладнання» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування за освітньо-професійною програмою «Галузеве машинобудування» спрямована на вивчення тих задач, що безпосередньо має розв'язувати дипломований спеціаліст на виробництві, як керівник середньої ланки. Дисципліна базується на інженерних, фундаментальних та професійно-орієнтованих дисциплінах, що вивчалися студентами у вищому навчальному закладі.

Експлуатація механічного обладнання – це сукупність трьох взаємопов'язаних та взаємозумовлених процесів: технологічного, зношування, відновлення. Швидкість зношування машин та механізмів залежить від характеру технологічних впливів, дотримання правил експлуатації, від якості виконання проектно-конструкторських робіт, виготовлення, монтажу машини, дотримання та виконання у повному обсязі робіт із технічного обслуговування її ремонту. Якість процесів підтримування у робочому стані та відновлення визначається рівнем знань та розуміння законів відмов деталей, інженерного забезпечення та організації ремонтного виробництва, кваліфікації ремонтного персоналу. Усі ці питання стосуються компетенції інженера-механіка, викладені в цій роботі.

Зрозуміло, що головне призначення машини - це переробка сировини на готовий продукт. Виходячи з цього, викладання матеріалу почато з питань експлуатації та технічного обслуговування, як складової частини експлуатації. У процесі експлуатації машини неминуче мають місце відмови. Ці випадкові відмови у сукупності характеризують надійність машини. Аналіз випадкових відмов, дає змогу визначити менш надійні деталі, деталі та вузли, що швидше за інших зношуються. В машині різні деталі сприймають різні навантаження, мають різні запаси міцності, характер прикладення змінних навантажень може призводити до передчасного руйнування. Аналіз характеру зламу деталі надає можливості встановити причину. Результати аналізу дають напрямок пошуку шляхів відновлення, вдосконалення машини.

Відновлення, вдосконалення машини її деталей та вузлів провадять під час ремонту. Ремонт, пов'язаний з демонтажем та складанням, монтажем окремих вузлів, агрегатів, машин.

## Тема 1. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОЇ РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ

Усіляке виробництво уявляє собою систему, що включає сировину, пристрої та люди для переробки сировини, джерела живлення енергією пристроїв для переробки сировини. Оскільки система має декілька окремих складових, то для її функціонування треба мати підсистему керування, яка б забезпечувала узгодженість дій системи спрямовані на переробку сировини у готову продукцію. Система включає і пристрої для переробки, а вони зношуються, виходять із ладу, то для підтримування її дієздатності потрібна ще й підсистема підтримки обладнання у робочому стані (підсистема відновлення). Спрощену логічну схему виробничого процесу наведено на рисунку 1. 1.

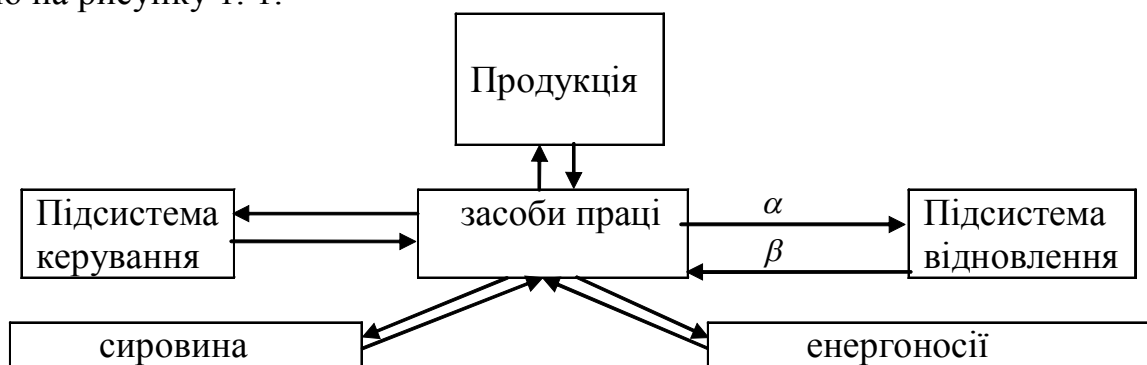


Рисунок 1.1 – Схема виробничого процесу

Усі елементи системи пов'язані поміж собою. Розглянемо лише зв'язок поміж підсистемою відновлення та засобами виробництва. Можливі три випадки:

1.  $\alpha > \beta$  - потрібен обсяг ремонтних робіт  $\alpha$  перевищує можливу відповідь  $\beta$ . В такому випадку обладнання прискорено зношується.

2.  $\alpha = \beta$  - ремонтне господарство задовольняє потокові потреби в ремонті машин. Знос машин проходить повільно, але старіння неухильне.

$\alpha < \beta$  - ремонтне господарство задовольняє потокові потреби в ремонті та відновленні машин, та забезпечує можливість компенсувати не тільки фізичний, але й моральний знос машин.

Питання забезпечення ефективного функціонування виробництва і є предметом вивчення у курсах пов'язаних з експлуатацією технічним обслуговуванням, ремонтом та монтажем обладнання металургійних заводів.

### 1.1 Терміни та визначення

Технічна експлуатація – це комплекс заходів, спрямованих на нормальне функціонування обладнання. Ці заходи включають управління тех-

нологічним процесом, роботою агрегатів та машин та технічне обслуговування та ремонт машин, обладнання.

Поняття “технічне обслуговування” та ”ремонт” регламентовані. Технічне обслуговування (ТО) – це комплекс операцій або операція з підтримання працездатності або справного стану виробу під час використання за призначенням, зберіганні та транспортуванні.

Мета ТО своєчасне виявлення пошкоджень та дефектів обладнання, попередження передчасного зносу вузлів та деталей та накопичення даних для визначення обсягів ремонтних робіт їх тривалості та періодичності.

Ремонт (Р) – комплекс заходів із відновлення працездатності та ресурсу обладнання або його частин. Ремонт може включати й ТО.

Система технічного обслуговування та ремонту (ТОіР) – сукупність взаємопов’язаних засобів, потрібних для підтримання та відновлення якості обладнання.

Періодичність (ТО) і (Р) – інтервал часу або напрацювання поміж даними (ТО) і (Р) та наступним таким самим типом або складнішим.

Періодичне (ТО) виконується через встановлений у технічній документації час або напрацювання.

Цикл (ТО) – найменший відрізок часу або напрацювання, що повторюється і на протязі якого у визначеній послідовності виконуються усі встановлені види періодичного ТО.

Ремонтний цикл - найменший відрізок часу або напрацювання, що повторюється і, на протязі якого у визначеній послідовності, виконуються усі встановлені види ремонту.

## 1.2 Технічна експлуатація обладнання

Керує технологічним процесом експлуатаційний (технологічний) персонал. Його дії полягають у налаштуванні, у дотриманні технологічних параметрів, виконанні робіт пов’язаних із підтримкою технологічного процесу.

Порядок експлуатації обладнання регламентується експлуатаційними документами. Експлуатаційні документи призначаються для вивчення виробу та правил його експлуатації. До експлуатаційної документації відносяться технічне описання, інструкція з експлуатації, інструкція з технічного обслуговування, інструкція з монтажу, пуску, налагодження, регулювання, обкатки, паспорт.

Правила технічної експлуатації (ПТЕ) визначають коло обов’язків інженерно-технічного, експлуатаційного та ремонтного персоналу. Для підтримання обладнання в робочому стані передбачають профілактичні огляди обладнання, усунення недоліків знайдених під час оглядів, обслуговування на протязі робочої зміни, періодичну перевірку обладнання інженерно-технічними працівниками з наступним записом в агрегатний журнал, ревізію та ремонт обладнання за затвердженим графіком.

### 1.3 Планування ремонтів

Технічне обслуговування та ремонт обладнання виконує змінний, черговий та ремонтний персонал.

Ремонти поділяють на поточні, середні та капітальні. Метою капітального ремонту є відновлення стану машини практично до рівня, що відповідає рівню передбаченому проектом. Метою поточних та середніх ремонтів є підтримка на достатньому рівні працездатності машини. Поточні та середні ремонти виконуються за рахунок собівартості продукції. Капітальні – за рахунок амортизаційних відрахувань.

Первинним документом, що фіксує стан устаткування, результати ремонтів і терміни служби деталей у машинах, є агрегатний журнал. Спеціальним документом, що уточнює потрібну кількість деталей і матеріалів, а також обсяг ремонтних робіт є відомість дефектів устаткування. Відомість дефектів складається цехами за 5 днів до поточного ремонту і за 6 місяців до планованого зупинки агрегату на капітальний ремонт, після рішення заводської комісії про необхідність проведення капітального ремонту.

Підґрунтям для планування ремонтних робіт слугують річні й місячні графіки ремонтів устаткування. Річний графік складають для кожного агрегату цеху на основі даних про стан устаткування, узятих з агрегатних журналів, вирішення, заводської комісії з обстеження агрегатів, намічених до капітального ремонту і загального заводського плану зупинки устаткування цеху на капітальний ремонт.

У річному графіку з точністю до однієї декади, планують огляди, ремонти, указуючи, скільки разів протягом року, коли, на який вид ремонту і на скільки часу повинна бути зупинена кожна машина агрегату (при розосередженому методі ремонту). Місячні графіки слугують для уточнення й коригування річних графіків.

Потребу в запасних частинах установлюють на основі номенклатурних списків кожного агрегату після підсумовування по цехах і всьому підприємстві в цілому з метою визначення норм запасу деталей і металу, потрібного для їхнього виготовлення. Для деталей, термін служби яких не перевищує шести місяців, і спеціальних деталей установлюють розмір найменшого запасу.

Графіки виконання робіт бувають лінійні та мереживі. Лінійний графік уявляє собою таблицю в якій наведено перелік подій та час їх проведення. використовують графіки постачання обладнання, руху робочої сили, ремонту або ремонтів, монтажу та інші. Ці графіки можуть робитись загальні для усіх виконавців та окремі для кожного окремо. На рис. 1.2 наведено графік спорудження механізованого току силами двох організацій – монтажної та будівельної на замовлення сільськогосподарського підприємства. Ремонтні документи це конструкторські документи з підготовки



ремонтного виробництва, ремонту, контролю якості. Ремонтні документи складають окремо для поточного (малого), середнього та капітального ремонтів. Ці документи складають на весь виріб незалежно від наявності таких документів на окремі елементи.

Ремонти машини, які б вони якісними не були, навіть коли вони відновлюють споживчі властивості машини не спроможні відновити механічні властивості усіх елементів конструкції. Процес утрати механічних та споживчих властивостей називають фізичним старінням машини. Окрім того, с часом, відбувається моральне старіння машини. Старіння не залежне від стану самої машини, а пов'язане із створенням нових більш досконалих машин такого ж призначення.

Машин із кращими споживчими властивостями - машини на яких можна виробляти більш конкурентоспроможну продукцію. Тому з часом застарілу машину доцільно замінити.

При визначенні терміну використання машини треба враховувати те, що в процесі експлуатації машини її вартість у формі амортизаційних відрахувань переноситься на вартість виробництва. Тому час експлуатації машини повинен бути економічно доцільним.

#### Контрольні запитання

1. Основні складові виробничого процесу.
2. Умови задовільного забезпечення ремонтного господарства.
3. Призначення ТО.
4. Призначення ремонтів.
5. Типи ремонтів.
6. Від чого залежить оптимальний час експлуатації машини.
7. Що таке теротехнологія.
8. Розкрийте поняття CALS технологія.

## **Тема 2. ТАКЕЛАЖ ТА ТАКЕЛАЖНІ РОБОТИ**

Надійна робота машин значною мірою залежить від якості складання. Складання – сукупність операцій по з'єднанню, координуванню й закріпленню у визначеній послідовності остаточно оброблених деталей і вузлів відповідному складальному кресленню.

Деталі й вузли, із яких починається складання, називають базовими. Декілька сполучених між собою деталей утворюють вузол. Вузли у свою чергу комплектуються в складальні групи. Ці укрупнені елементи – складальні вузли й групи – в окремих випадках можуть збігатися з комплексними конструктивними елементами, але часто конструктивні елементи складаються з декількох складальних. Наприклад, комплексним конструктивним елементом крана є міст, а складальними елементами можуть бути головні ферми, кінцеві балки. Складальні вузли і групи повинні бути підібрані так, щоб підняти і встановити їх на місце можна було наявними на монтажній

площадці засобами. У процесі скла- дання до базової деталі, в послідовності, зумовленій технологічною картою або умовами складання, приєднують інші підготовлені вузли й окремі деталі.

## 2.1. Такелажні роботи

Такелажними називаються робота з ув'язування, устаткування, підняття й транспортування їх до місця установа. Такелажні роботи виконують за допомогою різноманітних вантажопідіймальних засобів і механізми, пристосувань і машин.

### 2.1.1 Транспортування обладнання

Для переміщення вантажів від заводу-виробника до монтажного майданчику та під час монтажу найбільше ефективно застосування стандартних засобів - тракторів, пересувних кранів, трубоукладачів, автонавантажувачів та ін. При відсутності вказаного устаткування застосовують електричні лебідки, монтажні блоки, поліспасти, талі, а також найпростіші пристосування - сани, дошки і ковзанки або металевий лист із загнутим переднім кінцем і привареними до нього петлями для тягового каната.

Розрахунок, пов'язаний з вибором тягача для транспортування вантажів, ведуть у наступній послідовності.

1) Визначають силу опору руху

$$F = (m_1 + m + m_0) \left[ (\varpi \pm i)k g + \frac{v}{t} \right],$$

де  $\varpi$  - коефіцієнт опору рухові;  $m_1$  - попередньо прийнята маса тягача;  $m$  - масу причепа;  $m_0$  - маса вантажу;  $i$  - ухил шляху (+ приймають при рухові вгору);  $k$  - коефіцієнт збільшення опору рухові під час торкання;  $g$  - прискорення вільного падіння;  $v$  - швидкість руху;  $t$  - час прискорення.

Коефіцієнт збільшення опору рухові під час торкання, приймають  $k=1,5$ . Масу причепа приймають з урахуванням маси вантажу з таблиці

2) Визначають потужність двигуна

$$N = \frac{Fv}{\eta},$$

де  $\eta$  - коефіцієнт корисної дії.

3) За потужністю двигуна обирають тягач та перевіряють силу зчеплення тягача з покриттям дороги

$$F \leq 0,7gm_1f,$$

де  $0,7$  - частина маси тягача, що припадає на приводні колеса;

$f$  - коефіцієнт зчеплення коліс тягача з покриттям дороги (наведено в таблиці).

У разі невиконання умови (3.3), треба передбачити збільшення кількості тягачів або їх навантаження додатковим вантажем, із метою збільшення маси тягача, або підібрати інший тягач та перевірити силу тяги за формулою (3.1). Визначити потрібну потужність двигуна (3.2). Знов перевірити виконання умови зчеплення коліс із покриттям дороги.

Невеликі вантажі, з метою зменшення тертя, пересувають на котках, як показано на рисунку 2.1.

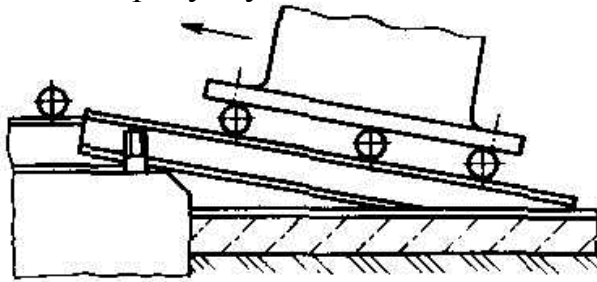


Рисунок 2.1 Переміщення вантажу на котках

### 2.1.2 Вертикальне переміщення вантажів

При виконанні такелажних робіт, особливо при піднятті вантажів, дуже важливою й відповідальною операцією є стропування. Стропування варто виконувати так, щоб центр ваги вантажу і вісь блоків гакової підвіски піднімального механізму знаходилися на одній вертикалі. Маса збільшених вузлів і блоків устаткування не повинна перевищувати вантажопідіймальність наявних на монтажній площадці вантажопідіймальних засобів, а габаритні розміри - розмірів монтажних прорізів. При монтажі великогабаритного й важкого устаткування можуть бути одночасно використані два крани або більш. Таку роботу проводять за письмовим дозволом головного інженера БМУ або начальника ділянки під керівництвом досвідченого фахівця.

До такелажних засобів і пристосувань відносять сталеві канати, ланцюги, стропи, траверси, захоплення, блоки, поліспасти, талі, лебідки, домкрати.

Сталеві канати (ГОСТ 3241-80) використовують у механізмах, поліспастих, різноманітних монтажних пристосуваннях, а також для виготовлення стропів.

При підвішуванні вантажу до гака за допомогою декількох гілок розрахункове натягнення гілки каната визначають з виразу

$$S = \frac{M g}{m \cos \alpha} k_n, \quad 2$$

де  $M$  - маса вантажу;  $g$  - прискорення вільного падіння;  $m$  - кількість гілок;  $\alpha$  - кут нахилу гілок до вертикалі;  $k_n$  - коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження поміж гілками.

Якщо вантаж підвішений на двох гілках, то  $k_n = 1$ . При кількості гілок понад два  $k_n = 1,3 - 1,4$ ; для стійкої рівноваги вантажу кут не повинен перевищувати  $60^\circ$ . Розривне зусилля канату

$$P = S k, \quad 2$$

де  $P$  - розривне зусилля каната, гарантоване паспортом;  $k$  - коефіцієнт запасу міцності, прийнятий у залежності від умов роботи каната.

Коефіцієнт запасу міцності канатів для закріплення різноманітних вантажів масою до 50т  $k=8$ , понад 50т  $k=6$ . Для розчалок, відтяжок щогл і опор  $k=3,5$ . Для канатів піднімально-транспортувальних устроїв при різноманітних режимах роботи: при ручному  $k=4,5$ , машинному легкому  $k=5$ , машинному середньому  $k=5,5$ , машинному важкому  $k=6$ . За визначеним зусиллям вибирають канат.

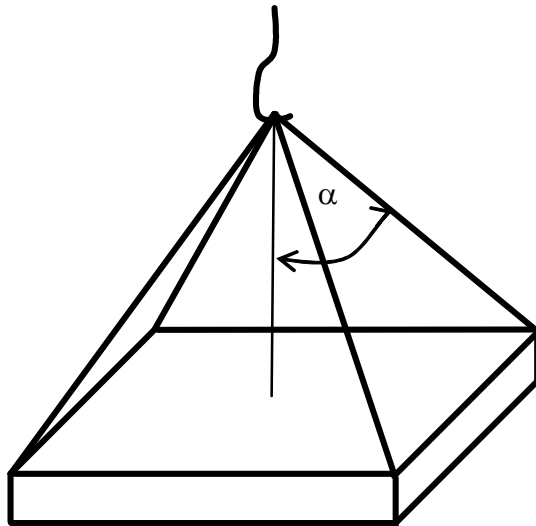
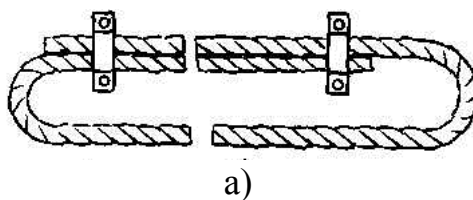


Рисунок 2.2 - Схема приєднання вантажу до гака вантажопідіймального механізму (машини)

Стропами називають відрізки канатів або ланцюгів, сполучені в каблучки або постачені зі спеціальними підвісними пристосуваннями, що забезпечують швидке, зручне і безпечне закріплення вантажу. На рисунку 3.3 показані окремі типи стропів: а - кільцевий, б – ланцюговий, в) - з двома зчаленими петлями



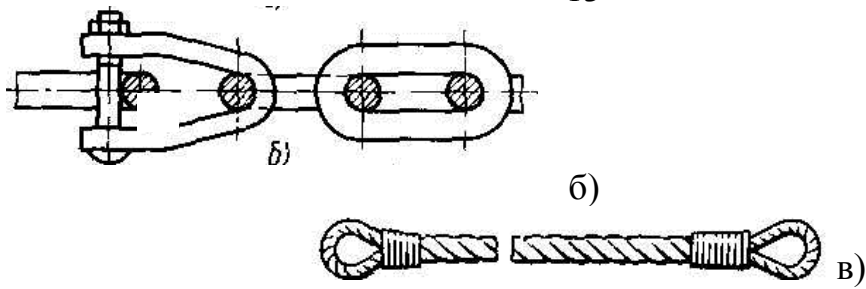


Рисунок 2.3 . Стропи а–кільцевий , б – ланцюговий, в) – з двома зчале-  
ними петлями

Кількість гілок стропа, на яких підвішують вантаж, вибирають у за-  
лежності від маси та габаритів вантажу і діаметра каната.

На рисунку 2.4 показані схеми підвішування на гак гнучких стропів.

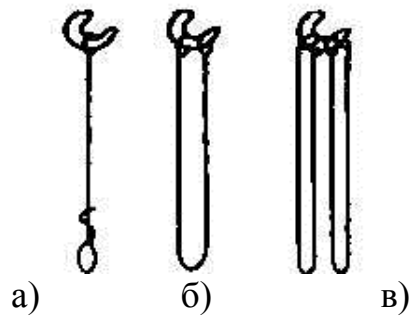


Рисунок 2.4 Схеми підвішування на гак гнучких стропів: а - однією  
петлею; б - двома петлями; в - двома двопетлевими стропами

Для переміщення вантажів зі значними габаритами застосовують  
траверзи (рис. 2.5). Вони можуть мати змінні петлі, скоби, гаки.

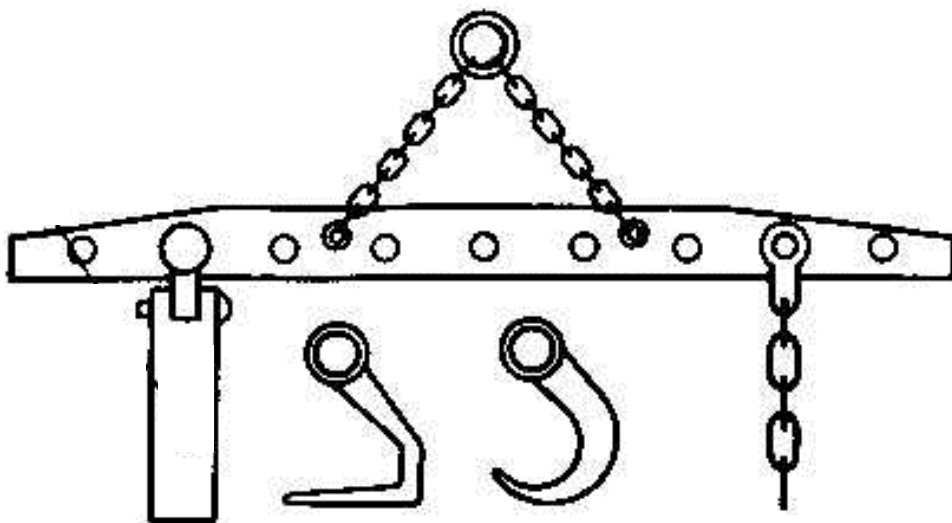


Рисунок 2.5 - Траверза

З метою підвищення продуктивності й безпеки робіт, застосовують напівавтоматичні стропи, що дозволяють виконувати розкріплення піднятого вантажу. Застосовують також напівавтоматичні стропові захоплювачі. Для з'єднання кінців канатів або утворення петель застосовують затискачі різноманітної конструкції: з двома петлями, різковий, пластинчасті (рис. 2.6).

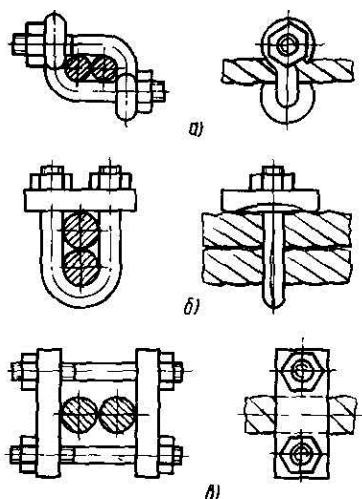


Рисунок 2.6. Затискувач для з'єднання тросів: а – з двома петлями; б - різковий; в - пластинчастий

Число затискачів приймається не менше трьох. Відстань між ними приймається не менше 6 діаметрів каната. Гайки на стрижнях усіх затискачів варто затягувати з однаковим зусиллям із застосуванням динамометричних ключів, так щоб стиснутий поперечник каната склав 0,6 його початкового діаметра.

Для разового приєднання вантажу до гака в окремих випадках трос можна зав'язувати. Послідовність зав'язування канату показано на рисунку 2.7.

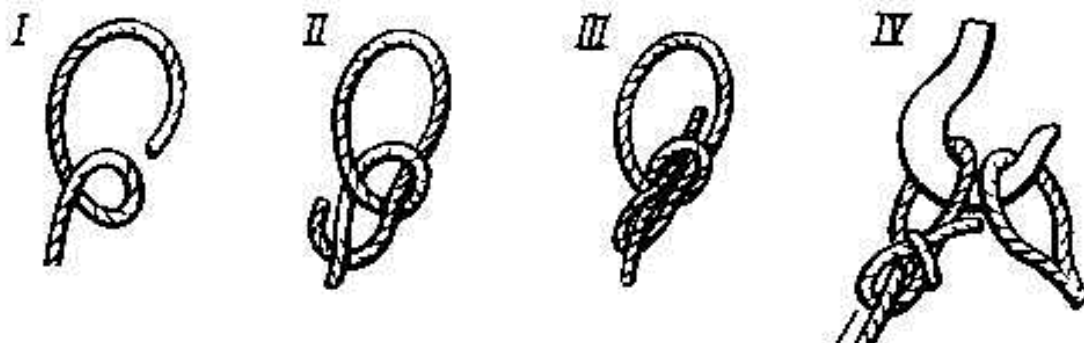


Рисунок 2.7 Послідовність зав'язування канату на гаку

З метою обмеження неконтрольованих коливань вантажу його горизонтальні переміщення обмежують лебідками, таями, уручну за допомогою канатів сталевих або з пеньки. При ручному утриманні – тільки за допомогою канатів з пеньки.

Якщо вантаж піднімають двома спареними кранами різної вантажопідіймальності (або двома візками одного крана), використовують не рів-

ноплечу траверсу. Місце розташування гака на траверси визначається співвідношенням її плечей з урахуванням вантажопідймальності кожного крана, таким чином, щоб співвідношення вантажопідймальностей кранів дорівнювало співвідношенню навантажень на крани.

Для зменшення тягового зусилля застосовують поліспасти (рисунок 3.8).



Рисунок 2.8 – Поліспаст

Зусилля в канаті, що забезпечує підняття вантажу вагою  $Q$ , визначають за формулою

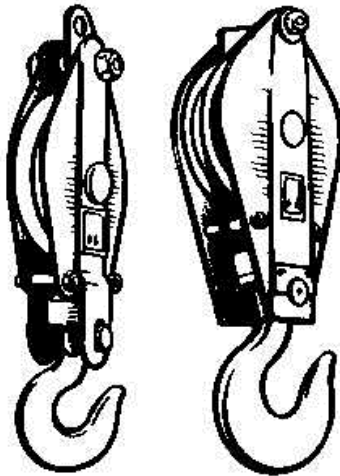
$$q = Q \frac{1 - \eta}{1 - \eta^m}, \quad 2$$

де  $\eta$ —к. к. д. одного ролика;  $\eta=0,96$  при установленні на підшипниках ковзання;  $\eta=0,98$  при установленні на підшипниках кочення;  $m$  - кратність поліспасти.

Під кратністю поліспасти розуміють співвідношення швидкостей переміщення каната та вантажу. Кратність поліспасти дорівнює кількості гілок каната, на якій утримується вантаж.

Довжина каната, що намотується на барабан лебідки під час підняття вантажу па висоту  $h$ , дорівнює  $l = mh$ .

Для підняття або переміщення вантажів, а також для зміни напрямку канатів, для створення поліспасти застосовують монтажні одно роликові та багатороликові блоки (рис. 2.9.).



а) б)

Рисунок 2.9 Монтажні блоки: а - однороликові, б - багатороликові

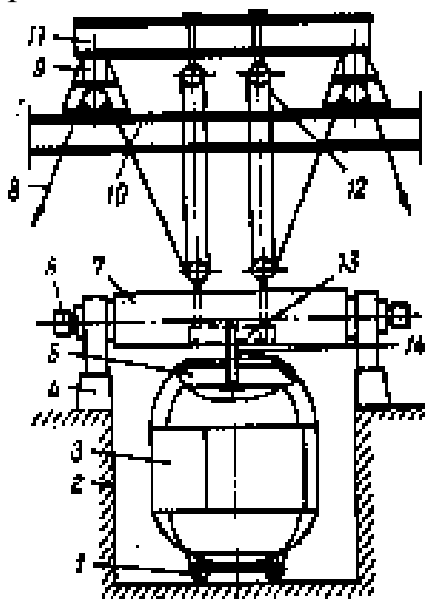
Однороликові блоки часто виготовляють із відкидними щоками для швидкого відділення каната від блока без розпасовки. Блоки уніфіковані. Обирають блоки за вантажопідймальністю (таблиця 3.5).

Припустиме відхилення каната від площини ролика не повинно перевищувати  $6^\circ$ , а відстань від барабана лебідки до відповідного ролика повинно бути не менше 20 діаметрів барабана.

Поліспасти, як правило, закріплюють вище над машиною, що монтується. На рисунку 2.10 показано поліспасти та монтажну балку для монтажу великогабаритної ємності.

Для транспортування великогабаритних і довгих вантажів застосовують траверси (рисунок. 2.4). Їхнє призначення – запобігти виникненню стискальних зусиль в елементах конструкцій, що піднімають.

Траверза працює на згин, як і балка. Її розрахунок ведуть із використанням методів опору матеріалів.





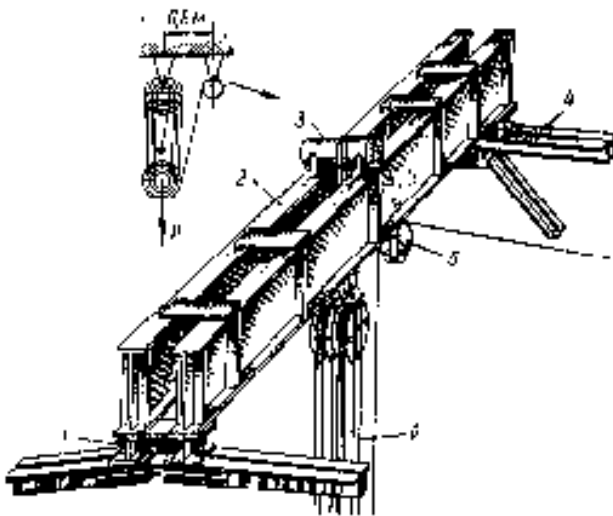
1 – візок, 2 – приміщення, 3 – котел, 4 – опори, 5 – пристрій для закріплення котла, 6 – опори, 7 – кільце, 8 – канат спрямований до лебідки, 9 – опори балки, 10 – балка, 11 – монтажна балка, 12 – поліспаст, 13 – траверса.

Рисунок 2.10 – Схема поліспасту для підняття великогабаритної ємності

### 2.1.3 Технічні засоби для здійснення вантажопідіймальних робіт

При виконання вантажопідіймальних робіт можуть бути використані спеціальні пристосування або вантажопідіймальні машини. Найбільш поширеними пристосуваннями, що використовують під час ремонтів та монтажу є балки.

Балка показана на рисунку 2.10. Відзначимо, під час монтажу характер навантаження монтажних балок не завжди відповідає статичному, тому доцільно приймати менші значення допустимих напружень.



1-опора балки, 2- балка, 3 елемент для закріплювання нерухомого блоку, 4 – будівельна конструкція, 5 – блок для відхилення гілки тросу

Рисунок 2.11 - Балка

Монтажні щогли (рис.2.13) застосовують при недостатній висоті й вантажопідіймальності або недоцільності використання стрілових кранів, а також при монтажеві мостових, баштових, порталних кранів.

Щогли встановлюють вертикально, інколи з нахилом. Утримують щогли у робочому становищі трьома або чотирма вантами. Ванти закріплюють одними кінцями до оголовка щогли, а іншими до якорів. Кут нахилу вант до обрїю не повинен перевищувати  $45^\circ$ . Щогли висотою до 30 м виробляють із труб (трубчасті щогли), вищі - із профільного прокату (гратчасті щогли). Вантажопідіймальність трубчастих щогл до 70 т, гратчастих до 200 т.

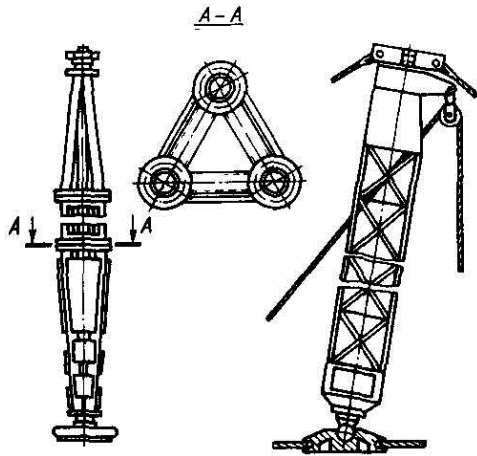


Рисунок 2.13 Щогла

Монтажні щогли застосовують на виробничих базах монтажних організацій і в цехах для підняття й переміщення вантажів у радіусі щогли. Вантажопідіймальність до 15 т, виліт 10-25 м. Їх закріплюють на металоконструкціях, використовують як усередині, так і зовні будинків. У нижній частині щогли (рис. 3.15) розташований шарнір для зміни вильоту щогли. Виліт щогли та її поворот навколо осі 3 можна змінювати за допомогою двох стрілових поліспаств 1. При цьому кут нахилу ( $90 - \alpha$ ) лежить в межах  $30-80^\circ$ . Підняття вантажу здійснюється за допомогою вантажного поліспаства 2. Робота щогли здійснюється двома лебідками підняття вантажу й зміни кута нахилу.

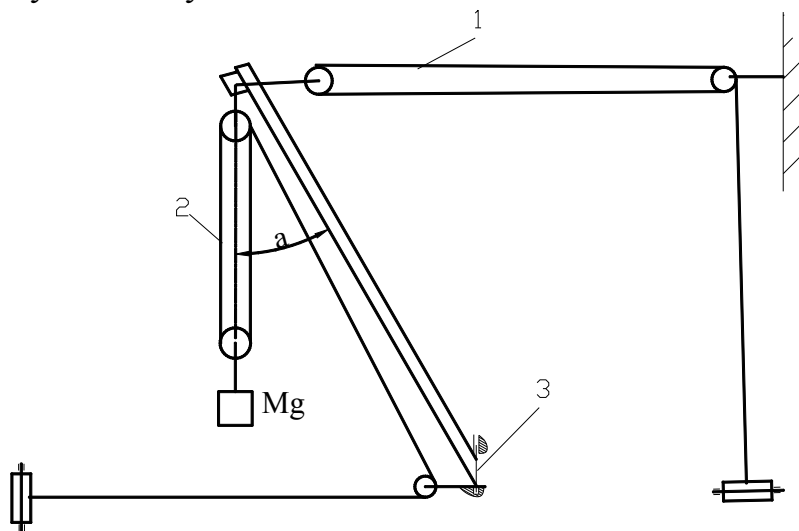


Рисунок 2.15 – Схема щогли зі змінним кутом нахилу та поворотом.

Шеври застосовують, коли неможливо розмістити й закріпити бічні ванги щогли й у деяких інших випадках, обумовлених методами виробництва робіт. Шевром (рис.2.16) називається А - подібна рама -2, нижні кінці якої закріплені на шарнірах, а верхні жорстко сполучені й утримуються канатом 5 або поліспастом. Шевр оснащено поліспастом 1. Канат 4 вантажопідіймального поліспасти намотується на лебідку, що на малюнку не

показана. Для зміни напрямку канату використовується блок 3.

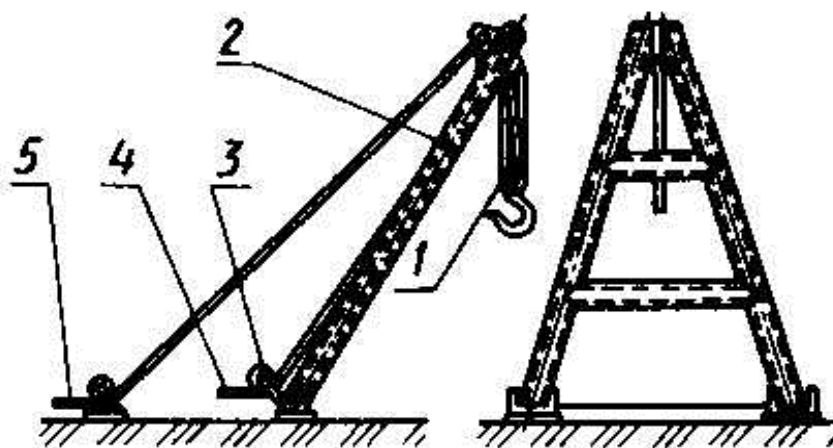


Рисунок 2.16 – Шевр

Застосовують монтажні підіймачі для встановлення устаткування на міжповерхових перекриттях у закритих будинках, за відсутності експлуатаційних вантажопідіймальних засобів, в умовах, коли під'їзд кранів до місця монтажних робіт ускладнений, для монтажу окремих видів технологічного устаткування складної конфігурації.

За конструкцією підіймачі поділяють на двох і чотирьох стоїкові вантажопідіймальності 10-40 т та порталні, вантажопідіймальність яких може сягати 1000 т.

Окрім вище згаданих пристроїв, використовують ручні талі, кішки, електричні талі (тельфери), лебідки й домкрати. Ручна таль (рис. 3.17) це важільний, зубцюватий, або черв'ячний вантажопідіймальний механізм, що включає ланцюговий поліспагт. Для ручного переміщення вантажів по підвісній монорейковій колії двотаврового перетину застосовують кішки вантажопідіймальністю до 5 т.

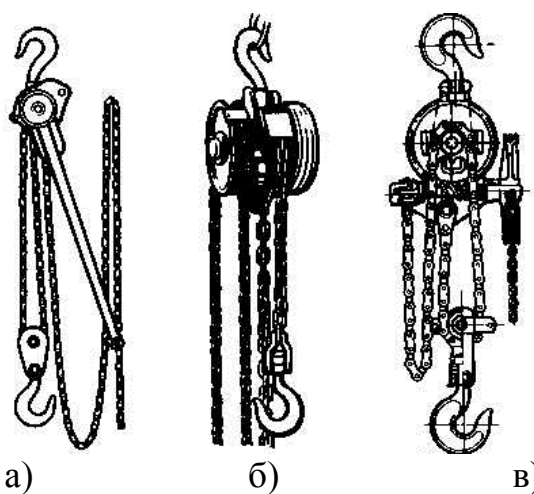


Рисунок 2.17 Талі ручні: а – важільна, б – з циліндричною зубчатою передачею, в - черв'ячна

Тельфер (рис. 3.18) пересувається по монорельсу, керується з землі пультом керування. Монорельсом за допомогою візка може пересуватися таль тоді такий пристрій називають кішка. Переміщення на незначні відстані можна забезпечити домкратами. Домкрати можуть мати різні конструкції (рис. 3.19) та можуть розвивати значні зусилля.

Лебідки (рис.2.20) широко використовуються для підняття й переміщення вантажів по горизонтальній і похилій площині. Вони мають різну конструкцію. Основною їх ознакою є те, що у якості тягового елемента використовується трос. Монтажні лебідки застосовують із ручним і електроприводом. Параметри лебідок наведені в таблицях 2.102.11.

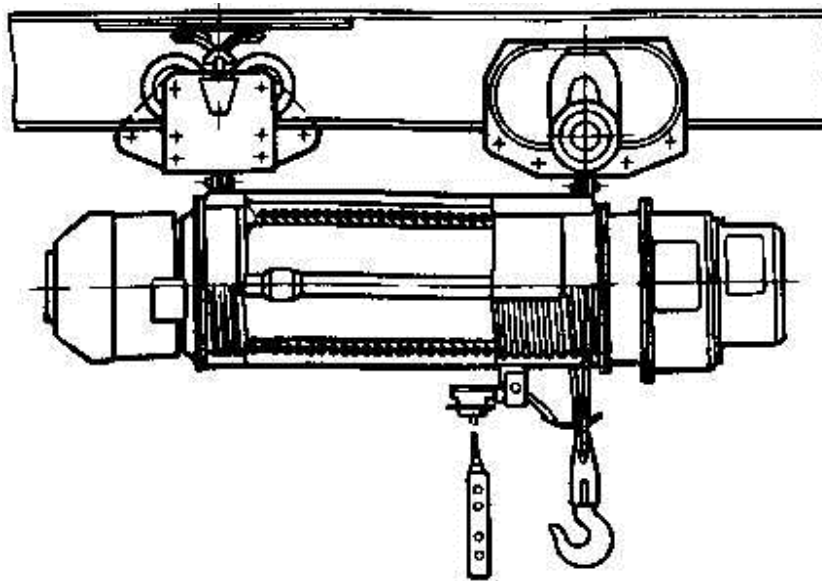


Рисунок 3.18 Тельфер

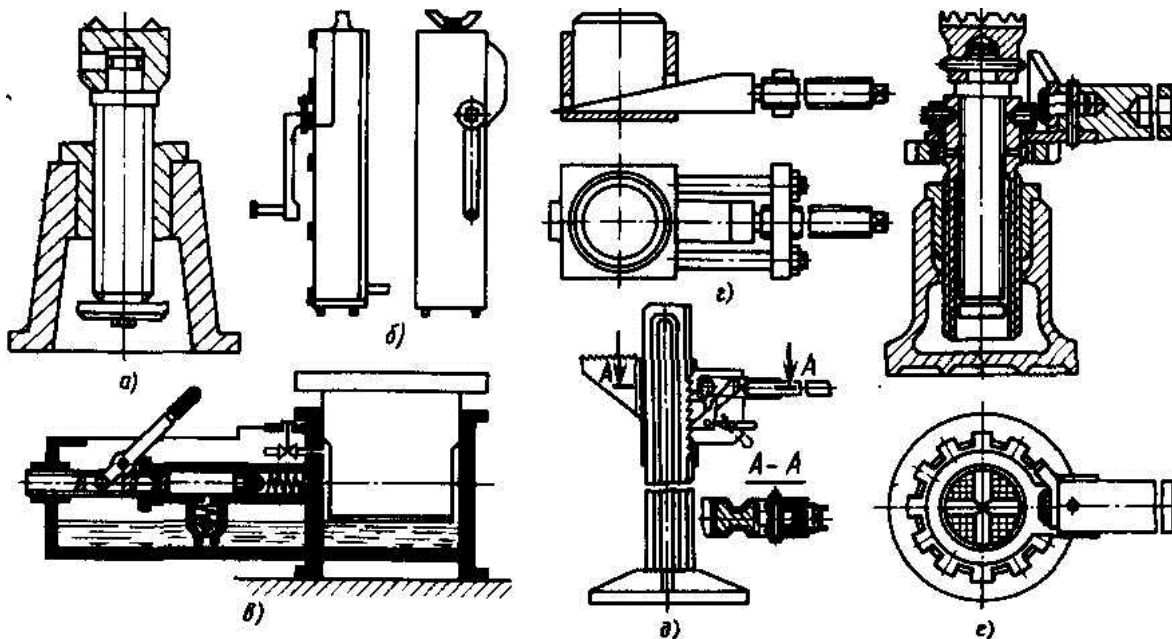


Рисунок 2.19 Домкрати : а – гвинтовий, б – рейковий, в – гідравлічний, г – клиновий, д – важільний, е - гвинтовий телескопічний.

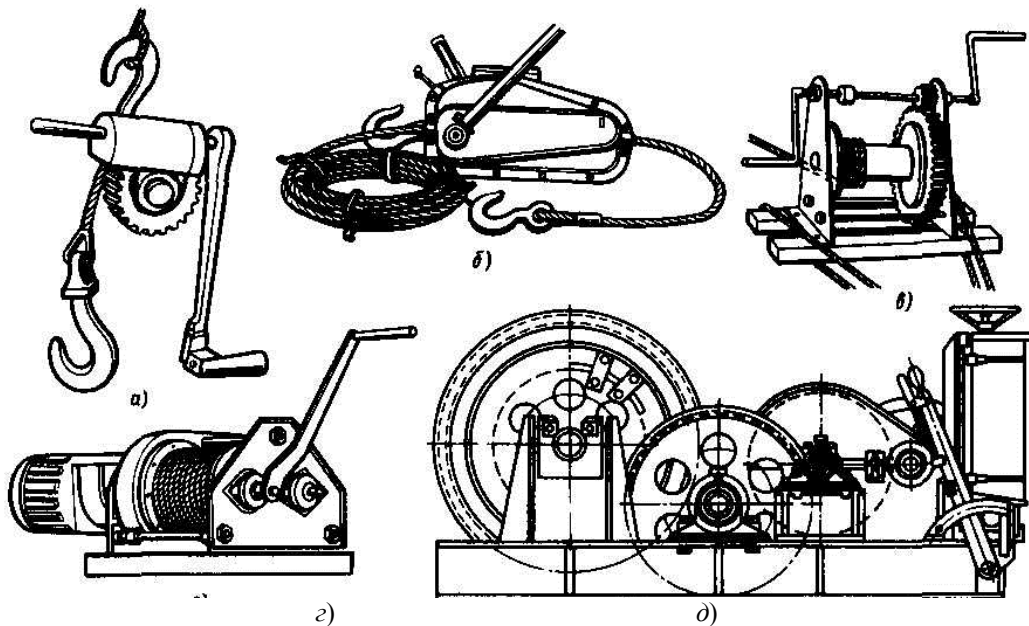


Рисунок 2.20 Лебідки: *a* – підвісна черв’ячна, *б* – підвісна важільна, *в* – з ручним приводом, *д* – з електроприводом

Електричні талі призначені для підняття й переміщення вантажів монорейковим шляхом за допомогою електропривода. Вантажопідіймальність електричних талів 0,25- 5,0 т.

Лебідки з електроприводом розділяють за способом встановлення - на пересувні й стаціонарні; за кількістю барабанів - на однобарабанні, дво-хбарабанні. Стаціонарні лебідки встановлюють на спеціально споруджених фундаментах тоді коли треба лебідку часто використовувати в одному й тому ж самому місці. Барабани можуть бути нарізними й не мати нарізаних ривчачків для канату. Трос на барабан лебідки намотується в декілька шарів.

Лебідки створюють силу тяги. Силу тяги від лебідки до деталі передають троси. Троси спрямовують роликми блоків. Лебідки, блоки, включно і блоки поліспаствів, прикріплюють до монтажних балок, металевих та бетонних конструкцій, в окремих випадках застосовують якорі.

В умовах діючого виробництва лебідки кріплять, здебільшого за конструкції будівель – бетонні колони, підмурки, балки, тощо. У разі відсутності перерахованих елементів лебідки закріплюють за допомогою якорів – закопаних у землю балок, бетонних блоків, тощо.

Троси для закріплення якорів (діаметри та довжину) також повинні бути визначені та вказані у відповідних документах. За вантажопідіймальністю та довжиною троса, що треба намотати на барабан лебідки підбирають лебідку.

Гвинтові і рейкові домкрати застосовують при потребі багаторазової перестановки й у стиснених умовах застосування, коли переміщення потрі-

бні незначні при значних створених вантажопідіймальним пристроєм зузусиллях. Існують гідравлічні, механічні, клинові домкрати.

Клинові домкрати застосовують, головним чином, під час контролю розташування устаткування в процесі монтажу. Застосовують і інші пристрої, наприклад, важелі.

Під час монтажу застосовують різноманітні види пересувних монтажних кранів і устроїв. Баштові крани мають можливість обслуговувати великі зони при мінімальній площі, зайнятій краном. Монтажні крани з гусеним механізмом пересування. Перевага - висока маневреність, прохідність і велика вантажопідіймальність.

Залізничні крани застосовують при монтажі устаткування на об'єктах, розташованих поблизу залізничних колій.

Козлові крани застосовують під час монтажу обертових печей, а також для обслуговування складів і ділянок по складанню й виготовленню монтажних конструкцій. Вантажопідіймальність кранів до 50 т.

Підбирати кран слід за його вантажопідіймальність за формулою

$$T=1,1 \cdot Q$$

З наведеного видно, що для виконання транспортних операцій в процесі монтажу існує значна кількість вантажопідіймальних машин та пристроїв. В практиці при виборі таких машин та пристроїв варто враховувати різні чинники включно й чинники економічного порядку. Наприклад, при виконанні робіт невеличкого обсягу не вигідно користуватися дорогими механізмами.

В багатьох випадках, особливо при невеличкому обсязі робіт, рекомендується застосовувати універсальні механізми, перевага котрих перед іншими механізмами полягає в тому, що при їхньому використанні не потрібно здійснювати монтаж і демонтаж і інші підготовчі роботи, тому що ці механізми завжди знаходяться в стані готовності до роботи і легко переміщуються з об'єкта на об'єкт. У порівнянні з залізничними в гусеничними і автомобільними кранів є ще і додаткові переваги - вони не потребують спорудження спеціальних шляхів.

При виборі монтажних механізмів варто враховувати, що для установа на місце всіх деталей і вузлів що монтується їх габарити повинні вписуватися в радіус дії робочого органа монтажного механізму; крім того, вантажопідіймальність монтажного механізму повинна забезпечувати безпечний підйом максимальної по масі деталі або монтажного вузла.

### **Тема 3. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА СПОСОБИ ВЕДЕННЯ МОНТАЖУ**

### 3.3 Технічна документація на монтаж

Безпосередньому будівництву нової споруди, монтажу обладнання виробництва передують інженерна розробка монтажної документації. Метою технічної документації на монтаж є надання інформації про те, в якому місці, в якій послідовності, із використанням якого інструменту, механізмів та обладнання (загальнонавчального та спеціально розробленого та виготовленого для виконання робіт на конкретному будівництві), в які терміни, якою кількістю робітників та за якою вартістю повинно бути змонтовано об'єкт.

В першу чергу ці питання розв'язують у найбільш загальному вигляді безпосередньо спеціалісти монтажної організації. Наприклад, керівництво організації приймає рішення монтувати обладнання блоками або у складеному вигляді, або монтувати, попередньо розібравши складену виробником машину, монтувати паралельно з веденням будівельних робіт або після їх завершення, тощо.

Розробляють технічну документацію можуть як монтажна організація так і спеціалізована установа – проектний інститут.

На прийняття рішення впливає наявність вантажопідіймальних механізмів та достатність місця для виконання робіт, рівень кваліфікації та досвід, знайомство з обладнанням (машиною) робітників, що мають виконувати цю роботу. Таке попереднє рішення може бути оформлено у вигляді тексту або у вигляді загальної схеми монтажу.

У практиці, такий документ слугує вихідним документом для розробки проекту виробництва робіт і технологічної карти. У найбільше простих випадках технологічна схема з пояснювальною запискою може слугувати єдиним документом для виробництва монтажних робіт. Ступінь подобиці розробки технологічної схеми залежить від ряду обставин, причому в першу чергу від кваліфікації виконавців і знайомства їх із даною машиною.

Сучасні потужні машини, комплекси заводи - виробники інколи відвантажують окремими значними за розмірами деталями або механізмами; дрібні й кріпильні деталі надходять у скринях. Усі частини машин під час її монтажу треба з'єднати в одну ціле, забезпечивши передбачену послідовність складання. Тому, щоб розробити технологічний процес складання, необхідно добре розуміння її загального устрою, а також устрою усіх механізмів. Для цього монтажникам надаються креслення машин, як правило, загальні вигляди. Для виконання монтажних робіт розробляється така технічна документація:

1) документація генеральної проектної організації - будівельний генеральний план об'єкта, що споруджується на стадії виконання будівельних робіт із поділом його на ділянки будівництва - ділянки з указівкою під'їзних шляхів; план розташування устаткування об'єкта; креслення фун-

даментів і несучих металоконструкцій; кошториси на монтаж устаткування;

2) документація заводів-виготовлювачів на обладнання, що замовник передає монтажній організації включає: специфікації, комплектувальні відомості, складальні креслення, схеми поділу устаткування на поставні блоки, маркувальні схеми, схеми стропування, технічні умови, заводські інструкції з монтажу і технічні паспорти, акти ВТК заводів-виробників на контрольні складання й іспит;

3) проект виробництва робіт (ПВР), розроблений спеціалізованою проектною монтажною організацією або проектним підрозділом монтажного тресту, до складу якого входять: пояснювальна записка зі стислою характеристикою об'єкта і головних проектних вирішень, указівками про порядок іспиту змонтованого устаткування, контролі якості монтажних робіт і техніку безпеки; відомості об'ємів монтажних робіт у вартісній та натуральній формі; монтажний генплан із розташуванням будинків і споруджень об'єкта, що монтується, під'їзних шляхів, площадок складування й попереднього складання, місць розміщення тимчасових інвентарних будинків і споруджень монтажною організацією, постійних і тимчасових розведень стиснутого повітря, зварювального газу, електроенергії, пари і води, розташуванням зварювальних постів; схема геодезичного обґрунтування монтажу; технологічні карти на монтаж, транспортування устаткування, виробництво зварювальних робіт; креслення необхідної монтажною оснастки і пристосувань; графіки на виробництво робіт, прямування робочої сили, роботи механізмів, подача в монтаж устаткування, конструкцій і матеріалів; відомості необхідного монтажного устаткування, матеріалів й пристроїв.

Технологічна карта на монтаж, як правило, виконується у вигляді креслення, повинна давати однозначні відповіді на запитання: яке транспортувальне та вантажопідіймальне обладнання використовується, як воно розташовано, як закріплено, як та яким засобом обладнання, що підлягає монтажеві приєднується до виконавчого органу, наприклад, до гаку вантажопідіймального пристрою, якою траєкторією обладнання повинно рухатись до місця встановлення. Технологічні схеми монтажу повинні графічно зображувати способи і послідовність виконання операцій складання машини і містити вказівки щодо контролю вузлів, що збирають.

Технологічна карта містить: графік виробництва робіт, їхній обсяг, вартість і потреба в робітників по кваліфікаціях і розрядах; відомість необхідних для монтажу матеріалів і напівфабрикатів; перелік монтажного устаткування, інвентарю і пристосувань (спеціальні пристосування даються в карті у виді робочих креслень або ескізи); указівка по такелажних і розвантажувальних операціях, горизонтальному і вертикальному переміщенню устаткування, що монтується до місць встановлення; технологічну схему складання; опис операцій з контролю взаємного сполучення вузлів або груп, розташування машин щодо будинку або інших машин із указів-



кою зазорів, вільної ходи і т.п.; опис і послідовність операцій з налагодження і пуску устаткування.

Одночасно з технологічною картою розробляють докладну калькуляцію на виробництво робіт. При необхідності видають додаткові наряди на роботи, не передбачені калькуляцією (щораз із дозволу керівника робіт). Технологічні карти розробляють на складні агрегати і навіть на окремі складні вузли агрегатів.

Графік на виробництво робіт це документ, який у графічній формі дає пояснення стосовно часу здійснення окремих дій, їх взаємну залежність та узгодженість. Так графік виконання робіт відтворює послідовність виконання окремих робіт, дозволяє узгодити роботи виконання окремих операцій. Графік руху робочої сили дозволяє забезпечувати рівномірне завантаження робочих. Графік постачання обладнання, розробляють на основі графіка ведення основних робіт. Він забезпечує надходження обладнання тоді коли воно повинно бути змонтованим. Тому обладнання не буде складатись та тимчасово зберігатися на монтажній площадці.

Відомість монтажного устаткування включає перелік пристроїв, машин та механізмів, що повинні забезпечувати прийнятну технологію монтажу устаткування. Ліміт матеріалів – це перелік матеріалів, застосування яких передбачено технологією монтажу (це можуть бути електроди, мастильні матеріали, шпали, лісоматеріали, гас, металопрокат). Під час монтажу, інколи, використовують спеціальні пристрої на них розробляється та надається технічна й робоча документація, а усі вони повинні бути перерахованими у відомості спеціального устаткування.

Наведена вище технічна документація відповідає загальним підходам до монтажу нового обладнання. В окремих випадках вона може бути меншою за обсягом, але для виконання небезпечних робіт технологічна карта повинна розроблятися обов'язково. Роботи пов'язані з монтажем (демонтажем) під час виконання ремонтних робіт повинні виконуватися з дотриманням наведених вище вимог. Документи інженерного забезпечення таких робіт схожі для обох випадків.

### 3.5 Методи проведення монтажу

У залежності від послідовності виконання будівельних і монтажних робіт методи виробництва останніх діляться на сполучений і послідовний, а в залежності від організації робіт - на потоковий і рівнобіжний.

При сполученому методі одночасно виконують будівельні й монтажні роботи. Цей метод застосовують із метою скорочення тривалості спорудження об'єкта в тих випадках, коли забезпечуються безпека виконання робіт і їхня якість.

Монтаж устаткування в цьому випадку починають до перекриття будинку й монтажу мостових кранів із використанням наземних вантажопідіймальних та транспортуючих засобів відкритим способом. Однією з

важливих умов застосування цього методу є ведення робіт відповідно до розробленого графіка, узгодженого з усіма будівельно-монтажними організаціями, що беруть участь у будівництві.

Послідовний метод передбачає виконання монтажу устаткування після завершення будівництва й оздоблення споруди. Цей метод застосовують за умови, що обладнання повинно монтуватися після завершення будівельних і опоряджувальних робіт.

Потоковий метод передбачає послідовне ведення будівельних і монтажних робіт спеціалізованими бригадами. Монтажні бригади спеціалізуються за видами робіт, наприклад, із монтажу мастильної апаратури, гідравлічного устаткування й ін. Рівнобіжний метод передбачає одночасний монтаж устаткування на всіх ділянках об'єкта. Цей метод застосовується після завершення будівельних робіт водночас по усьому об'єкту.

При всіх розглянутих методах найбільше ефективним є великоблоковий монтаж устаткування. Монтажні блоки готують на площадках попереднього складання, або постачаються заводами - виробниками устаткування. Частка останніх у загальній кількості постаченого укрупненого устаткування постійно зростає. Кількість часу і вартість складання устаткування на машинобудівному заводі значно менші, а якість вища, ніж у разі виконання складальних робіт на монтажних майданчиках.

Попереднє складання і максимальне укрупнення вузлів є головною умовою сучасного швидкісного і якісного монтажу устаткування. Як правило, попереднє складання здійснюється на монтажних стендах одночасно з будівництвом будинку цеху й спорудженням фундаментів під устаткування. Механізація підготовчих і монтажних робіт досягається шляхом широкого застосування потужних вантажопідіймальних механізмів (мостових, баштових і стрілових самохідних кранів) і такелажних засобів і пристосувань. При монтажі блоків-вузлів користуються такими способами постачання й складання цих вузлів на проектних позначках:

а) поступовим нарощуванням або послідовним способом, за яким на базову деталь, закріплену на фундаменті, послідовно встановлюють і закріплюють усі вузли механізму;

б) підстроюванням або східчастим монтажем, при якому піднімають раніше змонтовані вузли й конструкції і підводять під них вузли, що повинні бути розташовані під ними;

в) засуванням складеного осторонь вузла, а іноді і всієї конструкції, шляхом її пересування до суміщення з проектним становищем;

г) складанням усієї машини на стендові з перенесенням її у готовому вигляді на місце за допомогою вантажопідіймального механізму; інколи на стенді попередньо машину не тільки складають, а й випробовують, обкатують, та налагоджують;

д) складанням головних вузлів з одночасним укрупненням на стендові й остаточним монтажем машини на фундаменті.

Агрегати, що складаються зі значної кількості окремих машин та розгалужені в горизонтальному або вертикальному напрямку, монтують одночасно в декількох місцях, застосовуючи сполучений спосіб монтажу, тобто рівнобіжний монтаж декількох машин і послідовний монтаж вузлів, агрегатів у кожній машині.

Останнім часом заводи-виробники практикують постачання великогабаритного й великовагового устаткування блоками з максимальним ступенем комплектності й готовності до експлуатації, після випробовувань і обкатування на заводських стендах. Блоки включають технологічне устаткування, електро- і пневмо-гідравлічне устаткування, захисні покриття. Таке постачання значно скорочує обсяги робіт у період монтажу. При цьому зменшуються трудові витрати на спорудження лаштунків, монтаж тимчасових енергетичних комунікацій.

### 3.6 Прийняття обладнання в монтаж

Устаткування, що підлягає монтажеві, повинно постачатися замовником (дирекцією підприємства) у монтажну зону комплектом. Терміни й послідовність постачання устаткування передбачені графіком або встановлюються за вимогою монтажною організацією. Приймають і здають устаткування особи, уповноважені замовником і підрядником.

Устаткування на складі приймають за зовнішнім оглядом без розбирання вузлів і розкривання скриньок із дрібними деталями. Замовник разом з устаткуванням передає монтажній організації технічну документацію, що надходить разом з устаткуванням від заводів-виробників. До неї відносяться: паспорт заводу - виробника, складальні креслення устаткування, комплектувальні відправні відомості, схеми маркування на вузли устаткування, що відправляються у розібраному вигляді, заводські технічні умови й інструкції на складання, монтаж і пуск устаткування, акти заводського ВТК, на контрольне складання, балансування, обкатування, іспит і приймання устаткування й ін.

На кожній скриньці вказують її номер, вагу і роблять попереджувальні написи про місце стропування, можливість кантування і т.п. Устаткування, що вписується в межі габаритів залізничного транспорту, повинно надходити на монтажну площадку цілком зібраним і заправленим робочими мастилами. У паспортах повинно бути показано, якими мастилами заправлені машини. Негабаритне устаткування, як правило, надходить максимально укрупненими вузлами після контрольного складання на заводі виробнику. Воно повинно пройти обкатування, стендові або інші іспити.

Усе устаткування, повинне бути постачене з анкерними болтами, кріпильними деталями і відповідними фланцями для приєднання до цехових комунікацій, труб. Мостові крани, лебідки, тельфери й інші вантажопідіймальні засоби, що використовують для монтажу технологічного уста-

ткування в цехах, повинні бути поставлені раніш, ніж технологічне устаткування, що підлягає монтажеві.

Доставлене на будівництво устаткування розвантажують і тимчасово зберігають на спеціально відведених для цього відкритих майданчиках або в сховищах. Великогабове й великогабаритне устаткування варто розвантажувати безпосередньо в цехові, де його змонтують. Устаткування, схильне до корозії, а також цінні дрібні деталі і контрольно-вимірювальні прилади (термометри, манометри, електронні тензодатчики і т.д.) треба зберігати тільки в закритих приміщеннях. Під час приймання устаткування перевіряють: комплектність (за заводськими специфікаціями, пакувальним документам); відповідність устаткування кресленням і технічним умовам на монтаж; наявність можливих ушкоджень або полумок, тріщин, раковин і інших помітних дефектів; наявність і повноту технічної документації, що поставляється заводом-виробником разом з устаткуванням – паспорт, сертифікати на метал, акти іспитів і т.д.

На монтаж приймають тільки комплектне й справне устаткування. Приймання устаткування в монтаж повинні бути оформлені актом представників замовника і монтажної організації. Після підписання акта відповідальність за стан устаткування до передачі його в експлуатацію покладається на монтажну організацію, що підписала акт приймання обладнання.

Остаточно перевіряють комплектність і якість устаткування в процесі його ревізії, монтажу й іспитів. Виявлені дефекти й некомплектність устаткування монтажна організація разом із представниками замовника фіксує актом. У разі виявленні значних дефектів за яких устаткування не придатне для експлуатації або потребує значного ремонту, для участі в огляді устаткування й складання відповідного акта, повинні бути залучені представники заводу - виробника. Якщо монтажна організація після приймання в монтаж устаткування припустила його поломку або інші ушкодження, вона зобов'язана усунути їх за свій рахунок.

### 3.7 Попередня ревізія устаткування

Заводи-виробники, перед відправленням устаткування замовникові, покривають всі оброблені деталі консервантами. Перед монтажем під час ревізії устаткування її заміняють робочим мастилом. Одночасно з розконсервуванням перевіряють комплектність і справність усіх вузлів і деталей, виявляють й усувають дефекти устаткування. При цьому агрегат не розбирають, а оглядають у зібраному виді.

Ревізію обладнання проводять коли порушені умови транспортування або зберігання. Порушення умов транспортування, як правило, пов'язане з ушкодженнями обладнання або пакувальних елементів. Під порушенням умов зберігання розуміють перевищення (понад шість місяців) термінів зберігання придбаного обладнання, ушкодження обладнання або пакувальних елементів під час збереження.

Під час ревізування агрегат розбирають на окремі вузли, старанно перевіряють стан деталей. Браковані деталі (роликові й кулькові підшипники, ущільнення й ін.) заміняють новими, видаляють сліди корозії з оброблених поверхонь, за можливості відновлюють окремі деталі. Така ревізія завжди супроводжується ремонтно-відновлювальними роботами, що не входять в об'єм монтажних робіт.

Якщо устаткування надійшло в запломбованому вигляді з указівкою заводу - виробника про те, що воно не підлягає розбиранню, ревізія його не провадиться. Устаткування, у якому мастило, що консервує, не може бути віддалене без розбирання, піддають ревізії. Після розбирання устаткування вузли й деталі очищають від захисних мастил, що консервують, (технічний вазелін, гарматне, технічне сало) і лакофарбових покриттів. З поверхонь, що відповідно до вказівки заводу - виробника повинні залишатися покритими захисними складами, мастило не видаляють.

Технічний вазелін або гарматне сало видаляють із деталей устаткування різноманітними розчинниками (солярове мастило, гас, бензин і ін.) або механічним способом, а потім обдувають поверхню сухим гарячим повітрям. Лакофарбові покриття змивають бензином, скипидаром, ацетоном або іншими розчинниками, а також спеціальними пастою. Лакові покриття обчищаються пастою. Плівка лаку розчиняється протягом 3-5 хв., після чого її зчищають пензлем і протирають ганчіркою. Для очищення олійних фарб застосовують лужну пасту. Пасту накладають на поверхню рівним прошарком товщиною 1-1,5 мм і витримують протягом 1-3 г у залежності від типу й кількості прошарків фарби. Розм'якшену фарбу разом із пастою знімають шпателем, а залишки пасти видаляють водою. Для видалення іржі застосовують пасту "Целлогель". Пасту наносять на оброблювану поверхню товщиною 1-1,5 мм і витримують від 15 хвилин до 6 годин у залежності від щільності й товщини прошарку корозії. Потім пасту змивають водою або стирають ганчіркою.

Щоб уникнути подальшого окислювання металу, поверхню нейтралізують 10%-ним водяним розчином "Мажеф" (ГОСТ 6193-52) або 5-10%-ним розчином ортофосфорної кислоти. Поверхні деталей після очищення розчинниками протирають насухо чистою ганчіркою або технічними серветками, або обдувають сухим гарячим повітрям, сухою парою. Хімічний спосіб очищення в порівнянні з механічним полегшує працю робочих і підвищує продуктивність праці в 3-5 разів.

Під час ревізії устаткування усі вузли й деталі уважно оглядають із метою виявлення можливих дефектів. При цьому перевіряють комплектність, справність і слухність установлення окремих вузлів, механізмів і деталей відповідно до креслень. Необхідно переконатися, що на оброблених поверхнях немає тріщин, забоїв і ушкоджень; отвори для проходу рідкого мастила вільні і деталі очищені від ливарного піску і пофарбовані; різьблення на шпильках, болтах і гайках без забоїв і ушкоджень; шийки валів, що працюють на підшипниках ковзання, не мають глибоких рисок і інших

дефектів; поверхні вкладок із бабітовим заливанням не мають раковин і бабіт не відставав від тіла вкладок; на каблучках підшипників немає тріщин і глибоких раковин, утворених корозією; деталі надійно закріплені шпильками, болтами, шурупами, шпонками й іншими кріпильними виробами. Необхідно перевірити, чи не порушені покриття внутрішніх поверхонь редукторів, корпуси підшипників повинні бути пофарбовані мастилом стійкими фарбами. Варто старанно перевіряти місця ущільнень між корпусами підшипників і валами, сальники редукторів і інші ущільнення. Редуктори, що пройшли заводське обкатування, оглядають через люк, щоб переконатися у відсутності сторонніх предметів, якості ущільнення валів, надійності закріплення шестерень, слухності зубцюватого зачеплення. Крім того, перевіряють посадку сполучних муфт на вали - відсутність слабини і помітного радіального й осьового биття, наявності пальців або болтів для з'єднання муфт і відповідність їхнім розмірам отворів у муфтах. Підшипникові вузли оглядають після ретельного промивання, вони повинні відповідати технічним умовам по зовнішньому вигляді, маркіруванню і легкості обертання.

Під час ревізії підшипникових вузлів перевіряють слухність їх конструкції, посадку підшипників, осьові й радіальні зазори. Підшипникові вузли при ревізії старанно промивають гарячим мастилом, що нагрівають у спеціальних електричних або парових ваннах до 80-100°C. Невеликі підшипникові вузли промивають, занурюючи весь вузол у масляну ванну, а великі вузли, розміри яких перевищують розміри ванни,—за допомогою спеціального шприца або ручного насоса. Незначні плями корозії на бігових доріжках і тілах кочення підшипників видаляють пастою ГОІ (полірувальна). За умови наявності раковин на бігових доріжках або тілах кочення підшипники заміняють.

## **Тема 4. МОНТАЖ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА ПІДЙІМАЛЬНО - ТРАНСПОРТУВАЛЬНИХ МАШИН**

### **4.1 Встановлення в проектне положення та контроль розташування машин**

Монтаж устаткування починають з встановлення його базових деталей, щодо яких орієнтують і закріплюють інші деталі, складальні і монтажні вузли. Базовими є опорні деталі, що безпосередньо встановлюють на фундамент, іншу опорну конструкцію (рами, корпуса) або на осі ходових коліс (рами транспортних машин, мости мостових кранів і ін.).

У разі спірання на проміжні елементи передача монтажних і екс-

плуатаційних навантажень на фундамент здійснюється через проміжні опорні елементи, використовувані як постійні опори, а підлива має допоміжне, захисне або конструктивне значення. При спиранні машини на бетонну підливу експлуатаційні навантаження передаються на фундамент через неї. При спиранні машини на фундамент - через вивірену поверхню фундаменту. При закріпленні устаткування на фундаментах переважно застосовуються методи монтажу без застосування прокладок з утворенням стиків з опорою на бетонну підливу і на фундамент.

Під час установлення устаткування на пакетах підкладок, їх кладуть на старанно зачищену поверхню фундаменту, контролюють розташування й підливають цементним розчином. Підкладки розділяються на настановні, що сприймають зусилля затягування фундаментних болтів, вагу машини і технологічні навантаження, і регульовальні. Настановні підкладки виготовляють товщиною 5-100 мм із сталевого листа або чавунними литими, а регульовальні товщиною 0,5-5,0 мм з листової сталі або латунної фольги.

При монтажі устаткування, що потребує високої точності установлення, застосовують клинові підкладки з ухилом клина 1:20. Підняття або опускання базової деталі при контролі розташування виконують, ударяючи по торцях клинів. Для цієї цілі застосовують також клинові домкрати .

Після установлення на фундамент устаткування контролюють по осях у плані, а потім по висоті, залишаючи припуск 1 - 2 мм вище проектної позначки на усадку пакета підкладок. Для контролю розташування, навколо фундаменту встановлюють стійки, на яких прикріплюють струни з вантажами, за допомогою яких фіксують проектні осі. Схили сполучають з осями на плашках. Осі машини з осями фундаменту сполучають за допомогою схилів, що підвішують до струн. Після суміщення осей попередньо затягують анкерні болти, після чого повторно перевіряють якість монтажу устаткування по вісям і висотним позначкам (реперам) і остаточно затягують болти. Якість затягування перевіряють щупом товщиною 0,05 мм, що не повинен проходити на глибину більш 5 мм у стиках між гайкою й шайбою і базовою поверхнею деталі. У відповідальних випадках необхідне зусилля затягування перевіряють за значеннями моментів прикладених до гайки або за подовженнями болтів.

Значне підвищення продуктивності при монтажеві досягається при використанні безпрокладкового способу установлення устаткування з опорою на бетонну підливу. Контроль розташування устаткування і його закріплення до підливи здійснюється за допомогою опорних елементів різноманітних типів або інвентарних пристосувань, на еластичних пакетах підкладок, на настановних гайках анкерних кріплень, на інвентарних пристосуваннях, на настановних гвинтах і на жорстких опорах.

Монтажні блоки масою до 20 т установлюють на еластичних пакетах підкладок, а масою понад 20 т - на звичайних жорстких пакетах. Переміщення блока, що монтується в проектне становище по висоті при контролі розташування на еластичних пакетах провадиться за рахунок деформації

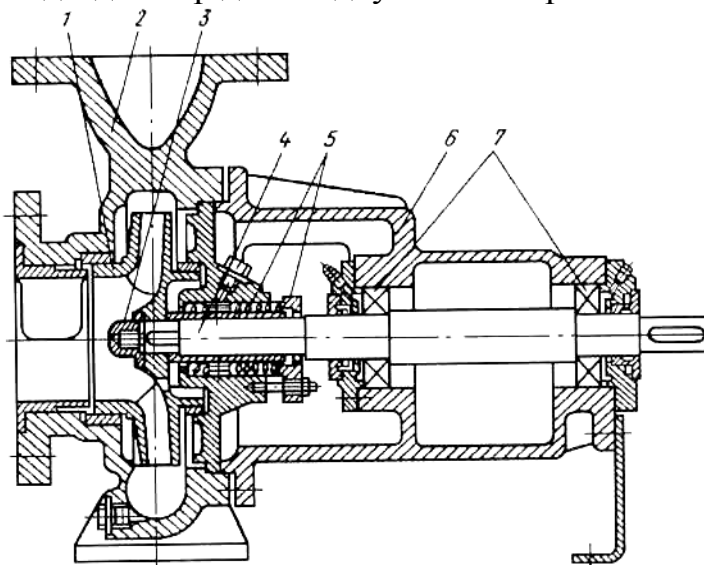
пакетів затягуванням анкерних кріплень. Жорсткі пакети встановлюють у сполученні з парами клинових підкладок для висотного регулювання.

Затягування фундаментних болтів при безпрокладковому монтажі виконують у два етапи: попереднє затягування при контролі розташування до напружень в болтах 5-20 МПа або до зусилля 500-1000 Н у болтах, не використовуваних при контролі розташування; повне затягування всіх болтів після підливи й досягнення тривкості бетону підливи не менше 50 % від тривкості застиглого бетону з умови одержання напружень в болтах 140 МПа. Через 24 години після затвердіння підливи витягають тимчасові опори і готують їх до установаження чергової машини. Підлива устаткування здійснюється бетонною сумішшю або спеціальними розчинами. Товщина прошарку підливи складає 50-80 мм. Для підливи застосовують бетон вище марки бетону фундаменту, але не нижче марки 200. Суміш безупинним потоком рівномірно повинна заповнювати простір між подошвою базової деталі машини й фундаментом, затікаючи з однієї сторони. Поверхню підливи протягом трьох діб після завершення робіт з установаження устаткування зволожують. Для установаження устаткування, що створює великі вібраційні навантаження, шум у приміщенні (розсіювачі, змішувачі, віброживильники та ін.) застосовують гумометалеві амортизатори, що складаються із зовнішніх опорних металевих пластин, між якими завулканізована гума.

#### 4.2 Монтаж устаткування загального призначення

##### 4.2.1 Монтаж pomp

Для транспортування рідких матеріалів та сировини здебільшого використовують відцентрові помпи загального призначення. На рис. 3.31 показана помпа відцентрова, консольна закритого типу. Робоче колесо 1 закріплено гайкою 3 на валу 4. Корпус 2 приєднано до кронштейну 6. Вал 4 обертається в підшипниках 7 та в ущільненнях 5. Підводиться рідина вздовж осі. Відведення рідини відбувається вертикально.





## Рисунок 4.1- Консольна помпа

Більшу продуктивність мають помпи з двостороннім підведенням рідини до робочого колеса . Помпа складаються з чавунного корпусу 1 з осью роз'ємною кришкою 2. На валу 4 розташовано робоче колесо 3 зі спицями 5. Вал обертається в підшипниках 8 та приєднаний до валу двигуна (на рисунку не показано) муфтою 9. До ущільнень 7 підведені патрубки 6. В нижній частині корпусу розташовані патрубки всмоктування і напірний, спрямовані в протилежні сторони перпендикулярно осі .

Наведемо узагальнену послідовність монтажу таких машин. На фундамент встановлюють плиту (раму) з агрегатом або без нього. Її приєднують до фундаменту болтами поряд з якими розташовують металеві прокладки. Товщини прокладок підбирають такими щоб забезпечити горизонтальність розташування рами. Фундаментні болти, для яких не передбачені спеціальні закладні елементи, заливають бетоном на 90 % глибини колодязя. Після досягнення міцності бетону, остаточно контролюють розташування рами. Цей контроль ведуть за геодезичними позначками (під час монтажу обладнання нового підприємства). У разі монтажу в межах виробництва, що працює - по розташуванню іншого обладнання згідно монтажного креслення. Остаточний контроль проводять при затягнених фундаментних болтах. Після чого підливають раму машини бетоном таким чином, щоб рама повністю спиралася на бетон. Бетон, коли це передбачено проектом, має бути залито вище нижнього зрізу рами. Як правило таке перевищення сягає однієї третьої частини висоти рами. Якщо помпа постачалася разом з рамою перевіряють відсутність сторонніх предметів в помпі та в патрубках, що приєднують помпу до загальної мережі. Трубопровід по якому рідина всмоктується повинен бути герметичним, максимально коротким, не повинен мати місцевих підйомів і колін великої кривизни. Він повинен бути укладеним з постійним ухилом до резервуару, що живить насос, щоб уникнути утворення повітряних мішків.

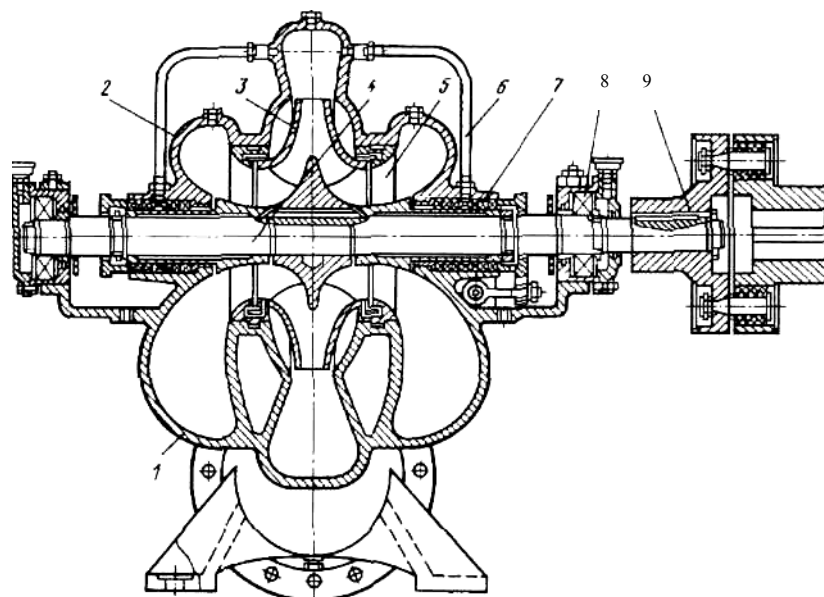


Рисунок 4.2 - Помпа з двостороннім підведенням рідини до робочого колеса

#### 4.2.2 Монтаж вентиляторів

Вентиляція — природна або штучна подача зовнішнього повітря у виробниче помешкання. Штучну вентиляцію здійснюють спеціальними машинами - вентиляторами. Для ряду технологічних процесів таких як просіювання потрібна додаткова кількість повітря. Використовують вентилятори для транспортування сировини.

Відцентровий вентилятор складається з кожуха, у якому обертається робоче колесо. Колесо складається з маточини, до якої приєднано диск. До диска прикріплені лопатки, сполучені між собою другим диском. Повітря надходить через усмоктувальний патрубок. Робоче колесо може бути установлене на вал електродвигуна або на самостійний вал вентилятора, що з'єднується з валом електродвигуна муфтою.

Вентилятори надходять для монтажу зібраними. У цьому вигляді їх

установлюють на загальну раму з електродвигуном. Головне, що повинно бути забезпечене в результаті монтажу вентилятора, - відсутність вібрації його корпуса й підшипники, що припускається до 0,5 мм для корпуса (угорі) і до 0,3 мм для підшипників. Причиною вібрації вентилятора може бути порушення балансу робочого колеса і недостатньо точна центрівка вала колеса з валом електродвигуна. Тому вентилятор розбирають і піддають ревізії, при якій перевіряють статичну збалансованість робочого колеса, а при необхідності й сполучення муфт. Одночасно перевіряють стан підшипників. Перевіривши напрямок обертання машини, приступають до випробування. Під час випробування перевіряють стан підшипників, вібрації. Для перевірки вібрації користуються вібрографами.

#### 4.2.3 Монтаж стрічкових конвеєрів

На підприємствах переробної промисловості широкого вжитку набуває конвеєрний транспорт - найбільш економічний та екологічно чистий вид транспорту.

Конвеєр уявляє собою машину неперервного транспорту та складається з гнучкої, попередньо натягнутої стрічки, яка в той же час виконує функції транспортувального та тягового органу, приводного та барабан натягування, роликів опор для підтримки робочої та неробочої гілок, привода, пристрою натягування стрічки, опорної металоконструкції, пристроїв для завантаження та розвантаження.

За конструкцією стави мажуть бути жорсткі та канатні, прямолінійні та криволінійні, з опорами ковзання та роликівими опорами.

Конвеєрні стрічки за конструкцією підрозділяють на гумовотканинні, гумовотросові, металеві завтовшки в 0,6 -1,2 мм та спеціальні. Гумовотканинна стрічка складається з тягового осердя, захищеного з усіх боків привулканізованими до нього гумовими обкладинками. Гумовотросова стрічка складається з тросів розташованих із постійним кроком в одній площині та запресованих у гуму.

Роликові опори являються одним з основних елементів стрічкового конвеєра. За призначенням вони поділяються на рядові, розташовані вздовж осі траси, та спеціальні, встановлені на окремих ділянках конвеєра: центруючи, перехідні (на ланці лоткоутворення), амортизуючі (на ділянці завантаження) та ролики для очищення стрічки. За конструкцією роликові опори підрозділяють на одно роликові, двох роликові, трьох роликові, п'яти роликові.

Однороликові опори застосовують для підтримки неробочої гілки конвеєра, на конвеєрах, що призначені для транспортування виробів поштучно або з виконанням технологічної операції, наприклад, зневоднення. Двохроликові опори застосовують на пересувних конвеєрах легкого типу. Найбільш поширені трьох роликові опори.

До особливостей конструкції конвеєрного ставу, що впливають на характер напруженого стану конвеєрної стрічки, слід віднести наявність

ділянок, на яких поперечним перерізам конвеєрної стрічки надається інша форма. Такими ділянками є ділянки лоткоутворення, згину конвеєра, перевертання нижньої гілки стрічки. На таких ділянках волокна, в залежності від місця розташування, неоднаково деформуються, що призводить до нерівномірного їх навантаження.

Монтаж стрічкових конвеєрів виконують стаціонарними цеховими вантажопідіймальними засобами або стріловими кранами окремими секціями довжиною 6-12 м. Для зручності монтажу до рами секції приварюють тимчасові стійки за допомогою крапкового електрозварювання. На стропах секцію підвішують до гака крана. Натягну й приводну станцію стрічкового конвеєра попередньо збирають на загальній рамі в монтажні вузли масою 3,0-3,5 т. Після установа секцій приводної й натяжної станцій перевіряють збігання вісей і закріплення в проектному становищі. При довгих конвеєрах це роблять оптико-геодезичним або лазерним методом. В останньому випадку використовують приставку, встановлену на зоровій трубі нівеліра НВ-1. Приставка забезпечує одержання лазерного променя діаметром 2 мм на відстані до 400 м. При монтажі похилих конвеєрів контроль положення приводного і барабанів натягнення і секцій конвеєра роблять у горизонтальній площині і по висоті. Після контролю металоконструкцій роблять навішення стрічки конвеєра.

Стрічка конвеєра виконує функції тягового та транспортуючого органа. Як наслідок, її міцність суттєво впливає на роботу конвеєра. Постачають стрічку на монтаж відрізками довжиною 150-300 м. На конвеєрі кінці стрічки з'єднують. Тому стрічка має не менш ніж один стик. Міцність стрічки на розрив (максимальна тягова спроможність) впливає на максимальну довжину конвеєра, обмежує максимальний кут нахилу для похилих конвеєрів, потужність та конструкцію приводу.

Стики стрічки можуть бути клепані, клеєні методами гарячої або холодної вулканізації на спеціальних пресах.

#### 4.2.4 Монтаж машин та апаратів типу барабана обертання

В металургійній промисловості широкого вжитку набули машини типу барабана обертання. Такі машини використовують у якості розсіювачів, вапнякогасильних апаратів, охолоджувальних апаратів, шарових млинів, огрудковувачів та ін. Загальним для таких машин (рис. 4.3) є корпус 1 у вигляді металевго циліндра, обладнаний бандажами 2, що спирається на опорні ролики 3.

Такі машини можуть бути розташовані горизонтально або з незначним ухилом у напрямку руху матеріалу. Останні машини обладнані ще й упорними ролики, що мають вертикально розташовані осі обертання. Слугують такі ролики для унеможливлення зсуву корпусу печі з опорних роликів. Спиратися машини можуть на дві або більше пар роликів. В окремих конструкціях один або декілька роликів, розташовані по один бік ма-

шини, можуть бути приводними. В останньому випадку обертальний момент може передаватись через проміжні вали, розташовані поміж роликками. У такій конструкції зусилля від приводу до корпусу передається силами тертя, що діють поміж корпусом та барабаном. Як правило така конструкція вживається для невеликих машин.

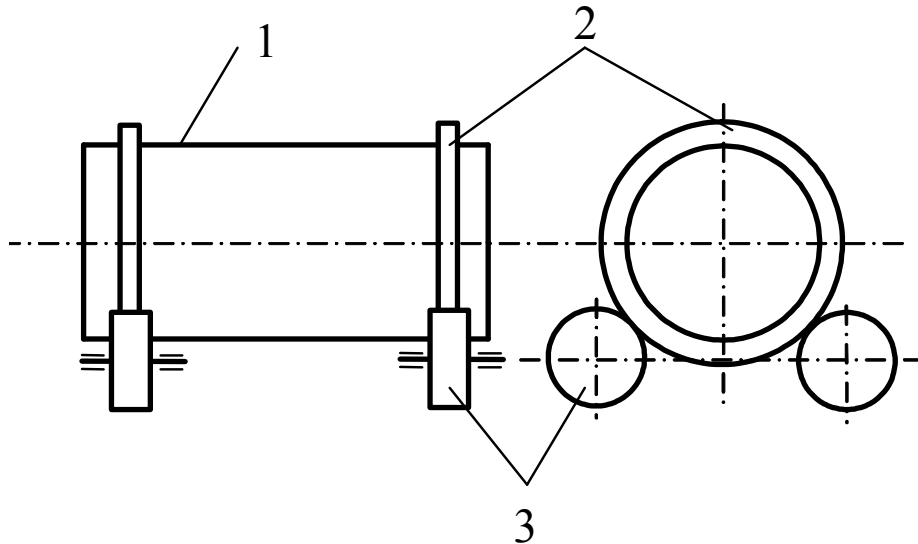


Рисунок 4.3– Кінематична схема барабана обертання

В потужних машинах зусилля від приводу до корпусу машини передається зубчастою передачею. Тому в таких машинах (рис. 3.34) на корпус 1 поряд з одним з бандажів 2, встановлено зубчасте колесо 4, що входить в зачеплення із шестернею 5. Шестерня 5 обертається від двигуна через редуктор 6.

Монтаж машин типу барабана обертання починають із монтажу рами під опорні ролики. Рами встановлюють паралельно осі обертання корпусу в напрямку цієї осі та горизонтально у перпендикулярному напрямку. Опорні ролики встановлюють на рами. Ролики на монтаж надходять у складеному вигляді – разом із корпусами підшипників. Після попереднього закріплення роликів, контролюють їх розташування. Контроль виконують відносно вісі розташування корпусу (за позначками на плашках геодезичного обґрунтування). Для контролю може бути використана струна або геодезичний пристрій. Контроль полягає у визначенні горизонтальності або заданого ухилу корпусу барабана, паралельності розташування вісей опорних роликів осі корпусу. Після остаточного контролю рами підливають бетоном. Після затвердіння бетону монтують упорні ролики, разом із корпусами підшипників. Приводну шестерню разом із муфтою та корпусами підшипників, привод машини. Корпус машини складають поряд. Корпус невеликих машин надходить у складеному вигляді. При значних габаритах машин він надходить окремими частинами – бандажі, підбандажні платівки та обичайки – частини корпусу, зубчасте колесо та пристрої його закріплення, якщо таке передбачає конструкція. У бандажі встановлюють підбандажні обичайки – вони товщі. В зазори поміж обичайками

ставлять підбандажні платівки. До підбандажних обичайок приєднують основні. На обичайку, на якій має бути зубчасте колесо, встановлюють пристрій його закріплення. На них зубчасте колесо.

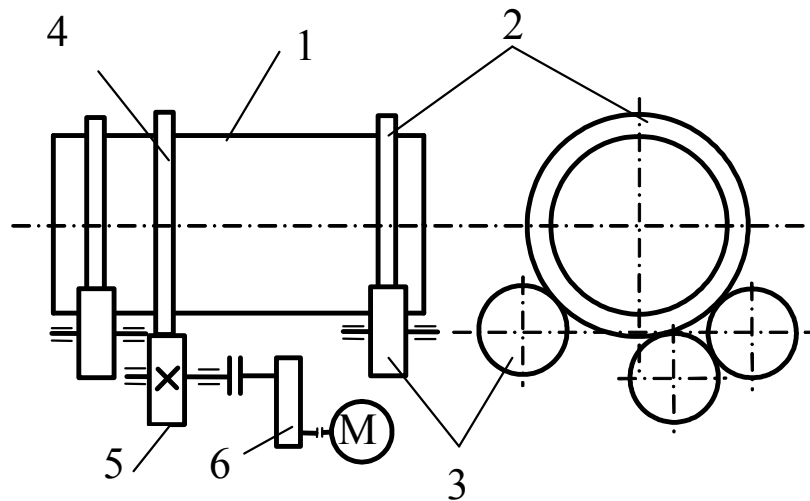


Рисунок 4. Кінематична схема барабана обертання з приводною шестернею

Складений корпус установлюють на опорні ролики. У разі, коли корпус має понад два бандажі монтаж ведуть блоками. Перший блок має два бандажі, наступні – один. Блок включає частину корпуса, що повинна бути розташована поміж раніше змонтованим бандажем та тим бандажем, що розташований на блокові. Змонтовані частини корпуса з'єднують, контролюють їх прямолінійність та зварюють на опорних роликах.

Після завершення монтажу барабана монтують допоміжні пристрої – пристрої завантаження – розвантаження, систему змащення, коли вона передбачена проектом. В барабані монтують спеціальне обладнання.

Під час прокручування печі контролюють якість монтажу зачеплення. Коли зазор у зачепленні не залежить від кута повороту барабана, регулювання виконують пересуванням шестерні, відповідно, редуктора та двигуна. У протилежному випадку - пристроями закріплення колеса.

Бандажі та зубчасте колесо машин барабанного типу вужчі за відповідні ролики та шестерню. Знос відбувається по поверхням контакту. Тобто не уся ширина опорних роликів та шестерні зношуються. Для забезпечення рівномірного зносу треба щоб корпус машини періодично (зворотно-поступально) пересувався вздовж своєї осі. Забезпечують таке пересування розташуванням роликів, як правило однієї опори, під кутом до осі корпусу (рис.4.5). За умови паралельності вісей роликів опори. Кут розташування роликів обирають під час пусконаладжувальних робіт таким чином, щоб у разі змащення роликів опори корпус повільно (за 2- 4 години) перемістився до нижнього упорного ролика, а в наслідок видалення мастила зсунувся у протилежному напрямку до верхнього упорного ролика.

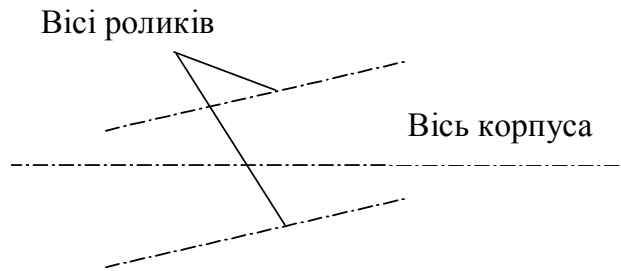


Рисунок 4.5 Схема розташування вісей роликів відносно вісі корпуса

Для теплових агрегатів процес регулювання роликів може продовжуватися до введення машини у стаціонарний тепловий режим.

#### 4.6 Монтаж машин зі шнековим робочим органом

Машини, що мають спіраль Архімеда (шнек) (рис. 3.36) використовують для транспортування, змішування, пресування.

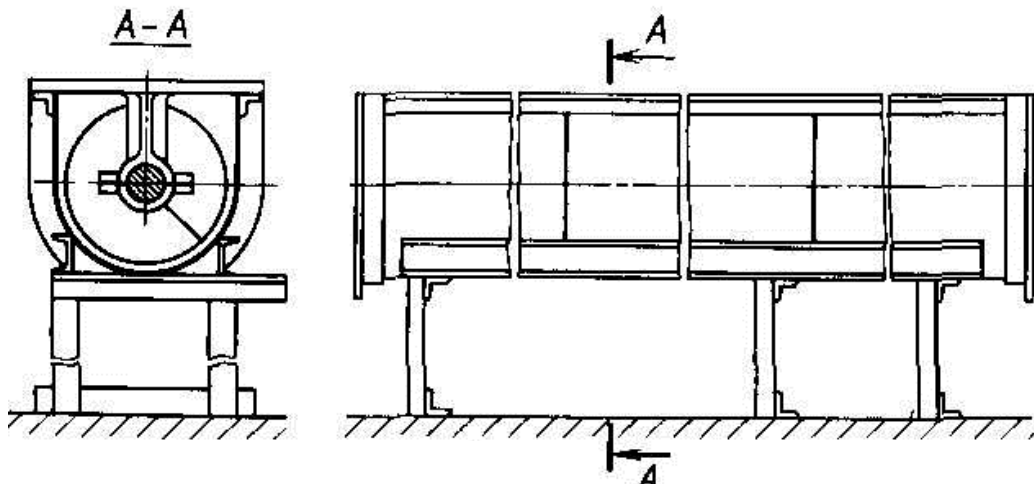


Рисунок 4.6-багальний вигляд шнека

В таких машинах (рис 4.7) спіраль (1), приєднана до вала (2) утворює гвинтову поверхню – гелікоїд зовнішнім діаметром  $D$ . Вал обертається у підшипниках 3. Загальний для усіх механізмів робочий орган накладає окремі однакові вимоги до монтажу. Основною вимогою є центрування вала відносно осі корпуса, відповідність розмірів та зазорів.

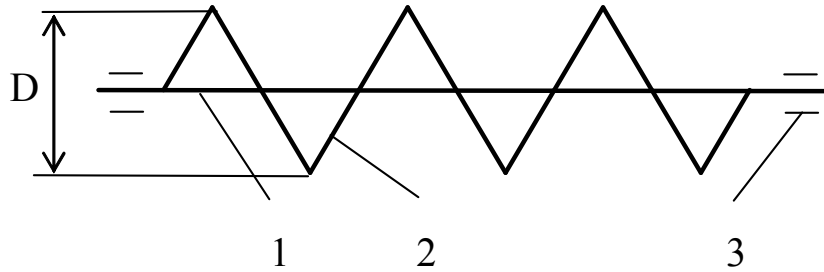


Рисунок 4.7- Схема шнека

## Тема 5. МОНТАЖ ТИПОВИХ ВУЗЛІВ ОБЛАДНАННЯ

### 5.1 Монтаж валів

Монтаж валів, особливо трансмісійних, складається з таких операцій, як перевірка діаметрів, овальності й биттів цапф, прямолінійності валів, перевірка збігання вісей, горизонтальності, наявності необхідних зазорів між торцями секцій валів і, якщо потрібно, перевірка рівнобіжності і перпендикулярності.

Діаметр і овальність цапф вала визначають мікрометрами, биття цапф перевіряють індикаторами, установлюючи вал у центрах токарського верстата або на призмах. Збігання вісей секцій валів перевіряють як показано на рисунку 5.1. Горизонтальність валів перевіряють за допомогою рівня, рейсмуса й схилу або за допомогою струни. Рівнобіжність валів визначають за допомогою двох рейсмусів і струни, а перпендикулярність - рейсмусом і струною. При перевірці горизонтальності вала, а також збігання вісей корпусів підшипників за допомогою струни необхідно враховувати прогин струни від власної маси.

Секції валів з'єднують між собою муфтами різноманітних конструкцій. Глухі муфти, що забезпечують жорстке з'єднання валів, розділяють по конструкції на подовжньо-згвинчені, шліцьові, поперечно-згвинчені і захисні. Рухливі муфти або муфти, що компенсують - припускають деяке порушення збігання вісей і перекося валів, розділяють за конструкцією на еластичні, кулачкові, пружні (із змієподібною пружиною) і зубцюваті. Зчипні муфти, що дають можливість з'єднання й роз'єднання валів, розділяють на кулачкові, фрикційні й електромагнітні. Спеціальні муфти слугують для обмеження переданих моментів, для одержання вільної ходи й інших цілей. Поширені в машинобудуванні зубцюваті муфти.



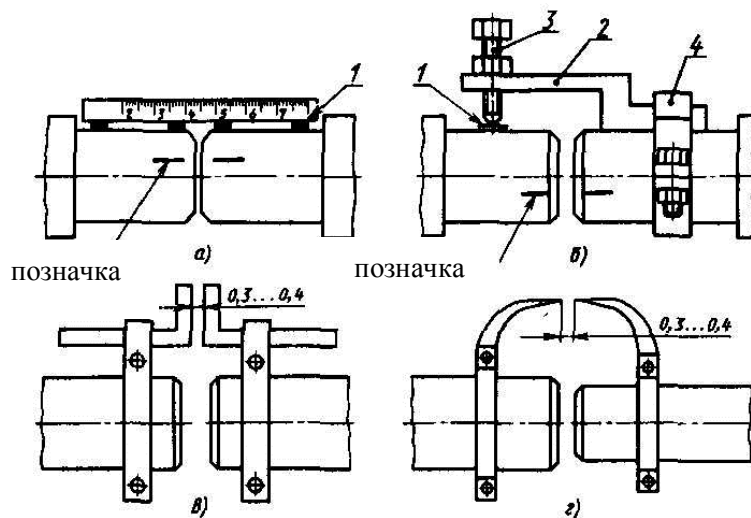


Рисунок 5.1- Способи перевірки взаємного розташування валів:  
*a* – за допомогою лінійки та контрольних плиток (1 - контрольна плитка) -, *б* - скоби з гвинтом та щупу (1 – платівка щупу, 2 – скоба, 3 – гвинт, 4 – хомут), *в* – двох кутиків, *г* – двох скоб

## 5.2 Монтаж нерухомих з'єднань

Монтаж з'єднань із різью. Різьбові з'єднання - найбільше поширений вид нерухомих роз'ємних з'єднань. Їх частіше виконують за посадками з зазором або за перехідними посадками, а іноді з гарантованим натягом. Якість складання різьбових з'єднань визначається слушністю затягування болтів і гайок, відсутністю перекосів у з'єднаннях. Розмір зусилля затягування різьбового з'єднання при складанні визначається з умови не розкриття стику або герметичності деталей, що сполучаються у процесі експлуатації.

Щоб уникнути перекосу і деформації деталей що сполучаються при багато болтових з'єднаннях гайки варто затягувати по черзі по парі, починаючи від середини поперемінно знизу і поверх, а при розташуванні гайок по колу, наприклад, на кришках циліндрів, фланцях і т.д., їх затягують

хрест-навхрест. При складанні різьбових з'єднань застосовують ручні гайкові ключі, електричні й пневматичні гайкозагвинчувачі. Для відповідальних з'єднань застосовують ключі із засобом контролю прикладеного моменту.

При з'єднанні деталей шпильками їхню посадку в чавунні або алюмінієві корпусні деталі виконують із гарантованим натягом по середньому діаметрові різьблення для утримання шпильки нерухомою при відгвинчуванні гайки. Стопоріння гайок від самочинного відгвинчування здійснюють за допомогою дроту, шплінтів, різноманітної конструкції стопорних шайб.

Зубцюваті колеса, муфти, шківни й інші деталі, що обертаються разом із валами з'єднують із ними за допомогою шпонок. Найбільше поширені призматичні, клинові і тангенційні шпонки. Для посадки деталі на вал призматичну шпонку, виготовлену куванням, підганяють по пазу вала так, щоб був забезпечений зазор, а бокові грані шпонки входили в паз із щільною посадкою; між шпонкою і бічними гранями паза може бути зазор або натяг розміром 0,03 - 0,06 мм у залежності від розміру шпонки. Після підгонки шпонку забивають у паз легкими ударами молотка. Користуватися для цього доцільно мідним або свинцевим молотком, щоб не порушувати розміри шпонки, що може послужити причиною заклинювання деталі під час складання. При виконанні посадки треба простежити за тим, щоб розташування шпонки в пазові не змінилось.

Перед складанням шпонок з'єднань перевіряють поверхні, що підлягають складанню, усувають дефекти коли вони є. Отвір деталі, що насаджується центрують щодо вала по його поверхні. Для насадки деталей з натягом застосовують спеціальні пристосування, преси, нагрівання деталі, що охоплює, або охолодження охоплюваної. У призматичних шпонок приганяють бічні грані до пазів вала й деталі, що охоплює. Якість припасування великих шпонок перевіряють по фарбі, а дрібних - щупом. Площа плям контакту повинна бути не менше 80 % загальної площі робочих граней. Зазор між верхньою (неробочою гранню шпонки) й шпоноквим пазом деталі, що охоплює приймають 0,1 мм, якщо діаметр вала менший за 75 мм. У інших випадках зазор повинен дорівнювати 0,2 мм. Посадку призматичної шпонки в паз вала виконують легкими ударами мідного молотка або натискним пристроєм. Витягають шпонки знімачами.

Посадку на клинову шпонку починають з її обпилювання. Зазори по бічним граням шпонки повинні становити 0,3-0,6 мм (у залежності від розміру шпонки). Верхню та нижню грані, відповідне дно паза на валові приганяють за заданим ухилом припасування. Шпонки розміром понад 28x16 мм перевіряють «на фарбу». Деталь, що охоплює, саджають із боку тонкого кінця шпонки, попередньо уставивши шпонку на місце. Шпонку забивають після встановлення деталі на вал. Шпонку потрібно забивати з торця вала так, щоб від її голівки до маточини залишався зазор. Зазор має бути не меншим 0,8-1,0 висоти шпонки.

Верхню й нижню грані великих шпонок приганяють по фарбі. Контроль припасування дрібних шпонок роблять щупом. Для надійності з'єднань із клиновими шпонками, що працюють в умовах змінних або вібраційних навантажень, застосовують кріплення шпонок за допомогою різноманітних елементів, що стопорять, (планок, гвинтів і т.д.). З'єднання з клиновими шпонками розбирають, зрушуючи деталь, що охоплює, у бік зменшення розмірів перетину шпонки або, вийнявши шпонку з паза. Шпонку з голівкою витягають спеціальним гвинтовим знімачем.

Постановку тангенціальних шпонок виконують цілком аналогічно клиновим із тієї лише різницею, що, незалежно від розмірів шпонок, усі їхні тертьові поверхні приганяють із перевіркою «на фарбу». В усіх шпонкових з'єднаннях не припускається застосування підкладок для досягнення щільної посадки.

Для рухомих і нерухомих сполучень застосовують також шліцьове з'єднання деталей через фрезеровані на валі й у маточини не глибокі канавки. За формою профілю шліцьові з'єднання поділяють на прямобічні й евольвентні. Ці з'єднання забезпечують менше ослаблення вала, центрування і велику поверхню елементів, що сполучаються. При виконанні сполучення на шліцьових поверхнях не повинно бути дефектів і гострих країв; на торцях валів і маточин необхідно зняти фаски. Рухливі з'єднання збирають вручну, а нерухомі - запресуванням деталей, що охоплюють, або посадкою з підігрівом (охладженням). Перед посадкою, незалежно від виду сполучень і способу виконання, поверхні змащують мастилом.

При потребі, необхідна тривкість з'єднань досягається шляхом застосування різноманітних посадок, що створюють натяг, без додаткових закріплюючих елементів. Складання з'єднань виконують різноманітними способами: 1) запресуванням; 2) нагріванням деталі, що охоплює; 3) охолодженням охоплюваної деталі; 4) гідропресовим способом.

Запресування виконують на пресах або вручну. Зусилля запресування визначається формулою

$$P = f\pi DL\rho,$$

де  $f$ -коефіцієнт опору при запресуванні;  $f=0,3\div 0,5$ ;  $D$ -діаметр поверхонь що сполучаються, м;  $L$ -довжина поверхні,  $\rho$  - питомий тиск на поверхнях, що сполучаються, Па. При з'єднанні нагріванням температуру деталі, що охоплює визначають за формулою

$$T_H = (d_2 - d_1) / \alpha_{1d1},$$

де  $d_2$ -діаметр охоплюваної деталі, мм;  $d_1$ -діаметр деталі, що охоплює, мм;  $\alpha_{1d1}$ -коефіцієнт лінійного розширення деталі що нагрівається, обумовлений із табл. Отримане значення  $T_H$  додають до початкової температури деталі й збільшують на 15- 30 %, з урахуванням її охолодження при перенесенні й з'єднанні з охоплюваною деталлю. Деталь нагрівають у газовому або рідинному середовищі (у машинному або при високій температурі в касторовому мастилі).

При з'єднанні охолодженням температуру охоплюваної деталі розра-

ховують по формулі

$$T_e = (d_2 - d_1 + \Delta_n) / (\alpha_2 d_2),$$

де  $\Delta_n$  - розмір зазору, при якому забезпечується вільне з'єднання деталей, що сполучаються;  $\alpha_2$  - коефіцієнт лінійного розширення охоплюваної деталі.

Фактичну температуру охолодження визначають, утримавши розраховане значення з початкової температури деталі. Деталь типу вал охолоджують у холодильних камерах із використанням твердої вуглекислоти (-78,5 °C), скрапленого кисню (-82,5°C), скрапленого повітря (-90°C) і скрапленого азоту (-195,8°C).

Коли необхідний дуже великий натяг, деталь, що охоплює нагрівають, а охоплювану, відповідно, охолоджують.

При гідропресовому способі з'єднання здійснюють шляхом розширення деталі типу втулка, подаючи на контактну поверхню мастило під високим тиском. У цьому випадку одночасно з розширенням деталі, що охоплює, відбувається стиск охоплюваної. Демонтаж таких з'єднань виконують шляхом подавання мастила під тиском до 200 МПа через одне або декілька радіальних отворів у деталі, що охоплює, або через осьове і радіальні отвори в охоплюваній деталі. У результаті між цими поверхнями утвориться зазор із масляним прошарком, завдяки чому деталі, що з'єднуються легко розбираються без ушкодження поверхонь.

Для монтажу та демонтажу деталей незначних розмірів застосовують спеціальні знімачі різних конструкцій. Знімач найбільш поширеної конструкції показано на рисунку

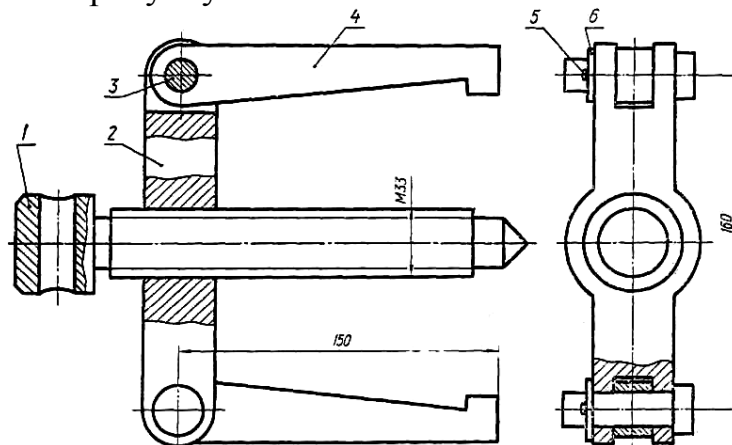


Рисунок 5.2 - Знімач

1 — гвинт; 2 — траверса; 3 — ось; 4 — лапа; 5 — шплінт; 6 — шайба

### 5.3 Монтаж рухомих з'єднань

Монтаж нероз'ємних підшипників полягає в установленні втулки в корпусі з натягом або за допомогою стопорних гвинтів і припасуванню отвору втулки до вала. Припасування здійснюють по фарбі, нанесеній на вал, що залишається на внутрішній поверхні, після декількох поворотів вала. Припасування закінчують після того, як площа плям складе 80 % внут-

рішньої поверхні чопа і на  $1 \text{ см}^2$  по- верхні буде 1-5 плям. Потім щупом перевіряють щільність сполуки зовнішньої поверхні чопа та корпусу.

Монтаж роз'ємних підшипників включають такі операції: перевірку збігання вісей розточок корпусів; припасування по фарбі нижнього й верхньої вкладки до корпусу. При цьому площа контакту нижньої вкладки з корпусом повинна складати не менше 60 % площі охопленої поверхні, верхньої вкладки - не менше 50 %; припасування вкладок до шийок вала здійснюють по фарбі. Кількість плям повинно бути не менше чотирьох на  $1 \text{ см}^2$  або з контактом не меншим за 60-70 % поверхні опорної вкладки на дузі  $60-70^\circ$ . Для забезпечення нормальних умов рідинного тертя забезпечують наявність верхнього та бічних зазорів поміж валом і підшипником. Зазор при діаметрі підшипників 50-400 мм приймають для тихохідних валів 0,06-0,12 мм, швидкохідних - 0,20-0,65 мм, колінчастих - 0,10-0,30 мм. Бічні зазори вимірюють щупами в площині рознімання при знятій верхній кришці, а верхній - за допомогою відрізків свинцевого дроту діаметром 0,5-1,0 мм, що кладуть поперек шийки валу і що обтискують кришками..

Деталі підшипникового вузла старанно очищають і промивають гасом, насухо витирають і просушують. Точність опрацювання посадкових місць оцінюють по відхиленнях від правильної геометричної форми. У разі виявлення тріщин і відколів на каблучках, роликах і кульках, корозії, раковин на поверхнях кочення, ушкоджень сепараторів та ін. дефектів підшипники до складання не припускають.

Підшипники на вал встановлюють різними способами: за допомогою пресів; спеціальними гідравлічними пристосуваннями, що забезпечують плавне й рівномірне зусилля; попереднім нагріванням у мінеральному маселі до температури  $80-90^\circ\text{C}$ ; за допомогою мастила, що нагнітається під великим тиском між посадковими поверхнями вала й каблучки підшипника. Напресований підшипник перевіряють на прокручування від руки. При цьому повинен бути забезпечений рівний хід і незначний шум.

При правильному складанні підшипникового вузла повинні бути забезпечені: контакт каблучок підшипника з відповідним кільцевим виступом вала й корпусу; зазори між валом і розточками в корпусі й кришці повинні бути у межах 0,2-1,8 мм; осьовий зсув внутрішньої каблучки щодо зовнішньої для підшипників із циліндричними роликами не більш 1,5 мм; передбачені осьові зазори.

При монтажі валів на нероз'ємних підшипниках одну опору фіксують у корпусі, а інші виконують плаваючими для можливості вільних температурних подовжень вала.

Регулюють осьові зміщення осьовим переміщенням каблучок, установлених на вал або в корпус із посадковими зазорами.

#### 5.4 Монтаж передач

##### Монтаж зубцюватих передач

Зубцюваті передачі в устаткуванні, здебільшого, застосовують у вигляді редукторів, циліндричних, конічних, черв'ячних і рейкових зачеплень, що входять до складу різноманітних механізмів. По ступені точності передачі поділяють на 12 класів.

Редуктори малої й середньої потужності надходять у монтаж у зібраному вигляді і потребують розбирання лише для ревізії й регулювання. Монтаж таких редукторів зводиться до установлення, контролю розташування й кріпленню редуктора у складеному вигляді, з'єднання валів із виконавчим механізмом і електродвигуном. Установлення редуктора по проектних осях і по висоті здійснюють за позначками на зовнішніх базових поверхнях, передбачених при його виготовленні, або по опорній поверхні корпусу, а також по торцях валів. Горизонтальність уздовж осей валів перевіряють за взаємним розташуванням половинок муфт механізму. До монтажу зачеплень циліндричних зубцюватих передач висувають такі вимоги: забезпечення заданої відстані поміж осями, рівнобіжність вісей валів, відсутність перекосу, радіального і торцевого биття коліс в установлених межах, дотримання припустимих зазорів у зачепленні - радіального й бічного; забезпечення належного контакту в зачепленні.

Перераховані операції називають центруванням зубцюватих коліс. Після центрування контакт зубців перевіряють на фарбу; для цього зубці колеса покривають тонким шаром фарби (ультрамарином) і провертають передачу від руки, щоб на зубцях колеса з'явився сліди фарби. Приклад розташування плям контакту у разі відсутності перекосу валів (порушення їх паралельності) показано на рисунку 5.3.

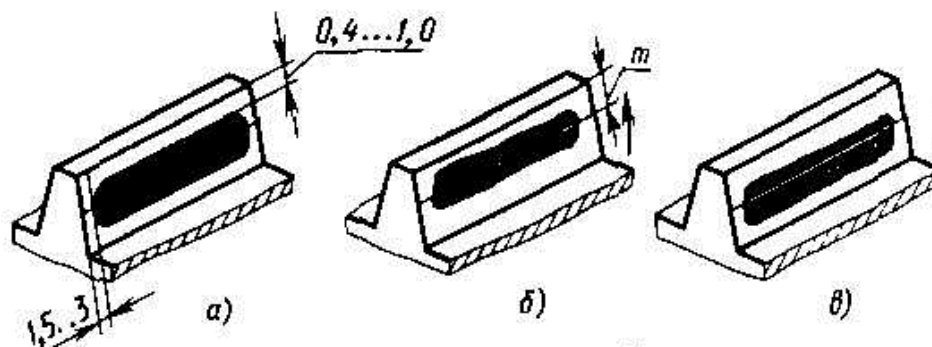


Рисунок 5.3 - Схема розташування плям контакту: а – правильне зачеплення, б – збільшена відстань поміж осями зубчастих коліс, в - зменшена відстань поміж осями коліс

Пляма контакту повинна бути розташована в середині робочої поверхні зубців і характеризуватися розмірами. Якщо площа контакту деяких зубців менше припустимої, то їх перевіряють по товщині, кроку й профілю.

Зубцеві зачеплення доводять шабренням зубців за плямами фарби до отримання необхідної площі контакту або обкатуванням із застосуванням пасти ГОІ. Притирання здійснюють у корпусі передачі на підшипниках із мастилом підвищеної густини й із застосуванням захисних устроїв, що пе-

решкоджають влученню мастила з пастою усередину підшипників. Захисні устрої виконують у вигляді розрізних щитків, що надіваються на шийки валів. Передачу обертають від невеличкого двигуна через редуктор, що забезпечує 5-30 об/хв. У процесі притирання доцільно декілька пригальмувати ведене колесо.

Абразивну масу завдають на зубці такими способами: а) під ведене колесо встановлюють ночви, наповнене масою, і занурюють у неї зуби колеса на 30-50 мм, б) масу, розчинену гасом або мастилом, подають на зубці через сопла, розташовані через 100-150 мм по ширині колеса; в) масу, змішану з мастилом, поливають на зубці з ручної мастильниці при вході їх у зачеплення або завдають пензлем.

Останній етап притирання виконують із мастилом без абразиву. Промиті після притирання і залиті чистим мастилом зубцюваті передачі випробовують без навантаження протягом 6-8 г, спочатку на знижених (у чотири рази, у два рази) і нарешті, на повних обертах із проміжними припиненнями й перевірками. Реверсивні передачі випробовують на роботу в обох напрямках. Особливе місце займає електро-хіміко-механічне припрацювання, яке дозволяє за короткий час (3-5 хвилин) приробити деталі за рахунок подачі електроліту та електричного струму в зону тертя.

Після цього передача працює навантаженою протягом 10-12 г, при поступовому збільшенні навантаження до номінального. У процесі іспиту перевіряють температуру підшипників, вібрацію й шум передачі. Вібрацію заміряють вібровимірювачем при різноманітних швидкостях передачі. Вібровимірювач встановлюють на рівні горизонтального рознімання корпуса редуктора. Амплітуда вібрації не повинна перевищувати 0,03 мм, а температура підшипників  $60^{\circ}\text{C}$  проти навколишньої температури. Виміри вібрації й температури роблять кожні 30 хв. Шум передачі, що працює характеризується висотою тону і силою звука. Якісно виготовлена та складена передача навантажена передача видає рівномірний, глухий шум низького тону, що зростає у разі зменшення навантаження.

Монтаж конічних зубцюватих передач повинен забезпечити взаємне розташування осей валів і зачеплення зубців коліс. Осі конічної передачі розташовують, здебільшого, під прямим кутом. Зсув осей не повинен перевищувати 0,01-0,06 торцевого модуля коліс. Перпендикулярність осей (рис. 5.4) перевіряють за допомогою скоби (схема а), шаблонів різної конструкції (схеми б, в, г, д), шляхом замирювання відстані поміж осями валів (схема е).

Порядок складання конічних передач аналогічний порядку складання циліндричних. Зачеплення регулюють, переміщенням одного або обох коліс уздовж осей. Фіксують їхнє розташування добором товщини регулювальних прокладок. Регулювання зачеплення виконують разом з перевіркою контакту зубців на фарбу. Пляма контакту зубців не повинна доходити до краю вузького кінця зубця на 1,5-3 мм і до верхньої частини бічної поверхні зубця на 0,4-1 мм. Бічний і радіальний зазори в зачепленні

конічних коліс заміряють щупом, індикатором або по товщині свинцевого дроту, що був закладений поміж зубців зубчатої передачі та zdeформований ними.

Монтаж черв'ячних передач повинен забезпечити: задану відстань поміж центрами, що визначає взаємне розташування осей черв'яка і черв'ячного колеса, а також перпендикулярність осей черв'яка й колеса; заданий бічний зазор між витками черв'яка й зубцями черв'ячного колеса; належний контакт робочих поверхонь черв'яка й зубців колеса; легкість ходу передачі. У разі потреби, поміж центрову відстань перевіряють каліброваними шаблонами, що встановлюють у корпус замість черв'яка й колеса. Бічний зазор визначають за величиною кута повороту черв'яка при закріпленому черв'ячному колесі. Граничні відхилення міжцентрових відстаней і бічні зазори залежать від класу точності й модуля передачі, унормовані стандартом ГОСТ 3675-56. Контакт робочих поверхонь черв'ячної пари перевіряють по плямі контакту. Для цього наносять фарбу на гвинтову поверхню черв'яка та повертають його в зачепленні із зубцюватим колесом. Після складання й регулювання черв'ячну передачу перевіряють на легкість ходу, провертанням від руки або від двигуна; в останньому випадку момент заміряють динамометром.

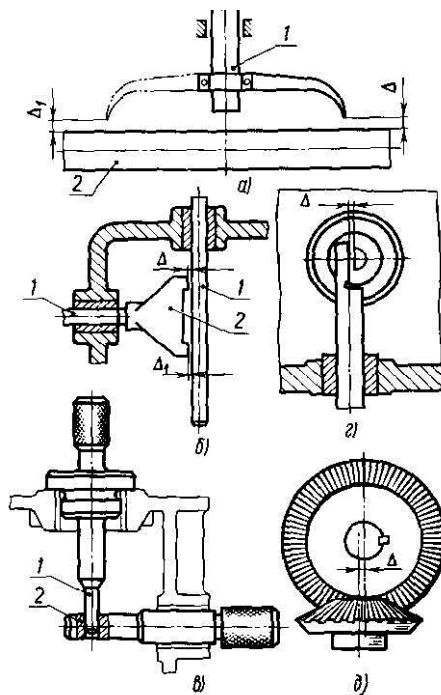


Рисунок 5.4 - Схеми контролю взаємного розташування валів при монтажі зачеплень з конічними колесами.

### 5.5 Монтаж ланцюгових передач

У машинобудуванні застосовують ланцюги пластинчасті зубцюваті, пластинчасті втулково-роликові, однорядні й багаторядні, пластинчасті блокові із суцільними й фасонними ланками. Монтаж ланцюгової передачі



полягає в установленні й закріпленні зірочок на валах, надяганні цепу і її регулювання. Зірочки закріплюють на валах, перевіряють на радіальне й торцеве биття. Для швидкохідних передач, що припускається биття, що дорівнює 0,05 мм на 100 мм діаметра зірочки. Осі зірочок повинні бути рівнобіжні і лежати в одній площині. Розташування зірочок перевіряють за рівнобіжністю валів. При надяганні ланцюга його стягають для з'єднання ланок гвинтовими стяжками. Перед встановленням ланцюга його промивають гасом і проварюють у гарячому машинному мастилі. Змонтовану ланцюгову передачу 2-3 г випробовують без навантаження, для припрацювання її елементів.

#### Контрольні запитання

1. Дайте визначення поняттю монтаж.
2. Що таке такелажні роботи.
3. Від яких чинників залежить сила опору руху транспортного засобу.
4. Хто надає дозвіл на виконання робіт двома вантажопідіймальними засобами.
5. Наведіть алгоритм вибору канату для такелажних робіт.
6. Зусилля в канаті при використанні поліспасти.
7. Склад технічної документації на монтаж.
8. Геодезичне обґрунтування монтажу.
9. Геодезичні позначки.
9. Методи проведення монтажу.
10. Домонтажна ревізія устаткування її призначення.
11. Типи з'єднань.
12. Монтаж нерухомих з'єднань.
14. Типи шпонкових з'єднань.
15. Особливості монтажу зубцюватих передач.
15. Особливості монтажу ланцюгових передач.
16. Загальна технологія монтажу мостових кранів.
17. Загальна технологія монтажу вентиляторів.
18. Технологія монтажу стрічкових конвеєрів.
19. Основні технологічні операції, що виконують під час монтажу машин та апаратів типу барабана обертання.
20. Особливості монтажу машин роторного типу.

## **Тема 6. ФІЗИЧНІ ОСНОВИ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ**

### 6.1 Цілі і задачі технічної діагностики.

Питання, зв'язані з визначенням технічного стану устаткування і вивченням зміни цього стану в часі, вирішуються технічною діагностикою. У літературі приводиться кілька визначень цього терміна. Будемо розуміти

під технічною діагностикою науку про розпізнавання технічного стану об'єктів.

Ціль діагностування – підвищити надійність металургійного устаткування. Відмовлення машин і механізмів спричиняють важкі наслідки, наприклад, втрати виробництва, підвищений витрата запасних частин, матеріалів, енергії, трудових ресурсів. Методи технічної діагностики дозволяють без розбирання вузлів знайти дефекти і механічні ушкодження, вивчити динамікові їхнього розвитку, вчасно підготувати і реалізувати технічні рішення, що попереджають відмовлення. Таким чином, технічна діагностика дає можливість організувати експлуатацію металургійних машин і агрегатів по їх фактичному стані, а не на основі нормативів, як це передбачено в директивних матеріалах.

На етапі експлуатації технічна діагностика сприяє рішення наступних задач:

1. установленню наявності або відсутності в об'єкті діагностування дефектних елементів і виявленню допущених при зборці помилок;
2. оцінці працездатності машин перед пуском їх у роботу після ремонту;
3. виявленню виникаючих під час експлуатації несправностей.

## 6.2 Характеристика системи технічного діагностування металургійного устаткування.

Діагноз стану устаткування встановлюється за допомогою засобів технічної діагностики, що разом з об'єктом дослідження утворюють систему технічного діагностування. По характері взаємодії між об'єктом і засобами діагностування розрізняють тестові і функціональні системи діагностування.

Відмінна риса перших складається в подачі на невикористаний по прямому призначенню об'єкт спеціально організуємих впливів засобами діагностування. Другі застосовують, коли об'єкт використовується по призначенню. Такі системи придатні для унікального і важконавантаженого металургійного устаткування. Тому розглянемо системи тільки функціонального технічного діагностування.

Процес визначення технічного стану складається з окремих операцій, кожна з яких характеризується технологічним впливом і реєстровою відповіддю об'єкта. Такі операції називаються елементарними перевірками, а формальний опис процесу (алгоритм діагностування) являє собою послідовність елементарних перевірок і правил аналізу результатів.

Ефективність технічного діагностування залежить від ряду факторів, але найбільш істотний з них - якість алгоритмів і засобів діагностування.

Розмаїтість алгоритмів викликана наступними обставинами. Кількість елементарних перевірок, достатніх для рішення конкретної задачі, як правило, менша за припустиму (фізично можливих і реалізованих) перевірок

даного об'єкта. Різні елементарні перевірки вимагають неоднакових витрат часу на їхню реалізацію і подають ідентичну інформацію про стан устаткування. Можуть бути і різні послідовності виконання перевірок. При розробці оптимальних алгоритмів використовуються критерії оптимізації, вибір яких не повинний знижувати вірогідність інформації про технічний стан устаткування. Тому при проектуванні систем діагностування виникає необхідність розробки формальних методів побудови алгоритмів діагностування, що виключають вплив суб'єктивних факторів і дозволяють автоматизувати процеси визначення технічних станів машин за допомогою обчислювальної техніки.

Ефективність діагностування залежить і від якості засобів, використаних для виміру параметрів машин і механізмів. Засоби діагностування бувають зовнішніми або убудованими, ручними або автоматизованими (автоматичними), апаратними або програмними, спеціалізованими або універсальними. В даний час металургійне устаткування проектується без розробки засобів і методів технічної діагностики. Тому наявність статистичних даних про ймовірності виникнення відмовлень розширює можливості організації ефективних процесів визначення технічного стану об'єктів діагностування. Тому що зводить до мінімуму вплив суб'єктивних факторів.

Відмовлення вузлів і деталей на технологічні впливи надходять на засоби технічної діагностики з основних виходів машин, необхідних для їхнього застосування по призначенню, або з додаткових виходів, зроблених спеціально для цілей діагностування. Сукупність основних і додаткових виходів називається контрольними крапками.

Для оцінки технічного стану устаткування значення сигналів у контрольних крапках необхідно представити в зручній формі, наприклад, "об'єкт справний" або "об'єкт несправний". Знання стану устаткування використовується для рішення різних задач технічного обслуговування, у тому числі для уточнення міжремонтних періодів і для вибору інших оптимальних алгоритмів діагностування.

Якщо задано припустимий рівень надійності  $P(t)$ , то можна знайти наробіток на відмовлення  $T$ . Варто підкреслити, що узагальнені показники надійності не крапкові оцінки через неминучу дисперсію вихідних характеристик матеріалів, умов виготовлення й експлуатації машин. Вони змінюються в межах нижньої і верхньої границь (криві 2,3)

$$T_{\text{в}}=T+\Delta T, \quad T_{\text{н}}=T-\Delta T$$

Якщо  $\Delta T$  порівнянні з міжремонтними періодами, то узагальнені показники надійності можна використовувати тільки для попередніх розрахунків (наприклад, проектування річних графіків ремонтів, розрахунок річних заявок на матеріали). Застосування таких показників для рішення оперативних питань технічного обслуговування і ремонту металургійного

устаткування (наприклад, для розробки графіків поточних ремонтів) не виключає аварійні відмовлення. Щоб усунути аварії, необхідно статистичні дослідження відмовлень доповнити фізичними, котрі дозволяють оцінити технічний стан машин і їхніх елементів у даний момент.

Контрольні питання до теми 1.

- 6.1 Які цілі і задачі технічної діагностики?
- 6.2 На етапі експлуатації технічна діагностика сприяє рішенням яких задач?
- 6.3 Від чого залежить ефективність технічного діагностування?

## **Тема 7. ЗАСОБИ ТА МЕТОДИ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ**

### 7.1 Контролепридатність металургійного обладнання.

Джерело діагностичної інформації - вузли й деталі металургійного обладнання, технічний стан яких безупинно змінюється внаслідок що утворюються й розвиваються в них дефектів. Якість оцінки технічного стану об'єкта залежить від розуміння фізичної сутності взаємодії деталей і розвитку несправностей.

Основу технічної діагностики складають теорія розпізнавання і теорія контролепридатності.

Теорія розпізнавання розглядає алгоритми розпізнавання, діагностичні і математичні моделі устаткування. Вводячи в моделі різні ситуації (включаючи несправності і відмовлення), визначають технічний стан машин і механізмів. Математичні моделі, засновані на закономірностях відмовлень дозволяють у найкоротший термін аналізувати інформацію, прогнозувати поведінку устаткування й оперативно призначати обґрунтовані ремонтні впливи.

Теорія контролепридатності розглядає засоби й методи одержання діагностичної інформації, засобу контролю й пошуку несправностей.

Контролепридатність - це властивість об'єкта забезпечувати достовірну оцінку його технічного стану. Вона створюється на етапі проектування устаткування і при розробці системи діагностування.

ДСТ 20911-75 передбачені наступні основні терміни.

1. Об'єкта діагностування - це виріб або його складові частини, технічний стан яких підлягає визначенню.
2. Діагностичний параметр (ознака) - фізична величина, використувана для визначення технічного стану об'єкта.
3. Засіб технічного діагностування - один або кілька приладів для виміру діагностичних параметрів.
4. Система діагностування являє собою сукупність засобів і об'єкта діагностування і, при необхідності, виконавців, підготовлених до діагностування або здійснюючих його за правилами, установлен-

ним відповідною докумен- тацією.

5. Алгоритм технічного діагностування - це сукупність розпоряджень про проведення діагностування.

#### 7.2 Методи діагностування відмов та дефектів в деталях.

Несправності й дефекти механічного устаткування проявляються при експлуатації у вигляді вихідних сигналів і можуть бути оцінені різними фізичними величинами; температурою або характеристиками теплового поля, амплітудою коливань, віброшвидкістю або віброприскоренням, ударними імпульсами, рівнем шуму, зміною товщини стінки й ін. Ці величини служать діагностичними параметрами, при виборі яких необхідно дотримувати вимоги однозначності, стабільності, диференціації, доступності й зручності виміру, інформативності, технологічності.

Під однозначністю розуміють відповідність кожному значенню діагностичного параметра тільки одного, цілком певного, технічного стану об'єкта, а під диференціацією - найбільша зміна вихідного сигналу при заданих змінах дефектів.

Доступність і зручність виміру діагностичного параметра визначається конструктивними особливостями об'єкта й засобів діагностування, а інформативність - зниженням невизначеності знань про технічний стан устаткування після використання інформації діагностування.

Якість діагностування залежить не тільки від вибору параметрів, але й від контролепридатності устаткування, під якою розуміють пристосованість виробів до діагностування й взаємне узгодження характеристик виробу, методів і засобів діагностування. Контролепридатність нових машин й агрегатів повинна забезпечуватися на стадіях розробки й виготовлення, а діючого встаткування - при експлуатації.

Для забезпечення контролепридатності необхідно вирішити ряд завдань, головні з яких:

1. розробка схеми розміщення контрольних крапок й їхнє конструктивне оформлення;
2. визначення кількісних оцінок досягнутого рівня контролепридатності.

Контрольні крапки варто вибирати в безпосередній близькості від місць виникнення діагностичних сигналів. При взаємодії деталей (наприклад, кулі із площиною або зубчастими колісьми) виникають поперечні пружні хвилі, які поширюються через корпусні деталі й втягують у коливальний рух більше вилучені від джерела виникнення імпульсів області деталей. На створення коливального руху середовища затрачається енергія хвиль, тому в міру видалення від місць виникнення енергія поперечних хвиль зменшується. Виходячи із цих явищ формулюються правила розміщення контрольних крапок й їхніх конструктивних особливостей.

Контактні поверхні датчиків, що перетворюють діагностичні імпульси в електричні сигнали, виконують плоскими або сферичними для переносних

засобів діагностування й передбачають нарізні сполучення, якщо використовуються убудовані прилади.

Контрольна крапка повинна перебувати в навантаженій зоні на продовженні лінії тиску або в секторі "емісійного вікна" із центральним кутом  $120^\circ$ , рівномірно розташованим щодо лінії тиску. Наприклад, для підшипників редуктора контрольні крапки розташовуються в різних площинах залежно від напрямку зусиль у зубчастих зачепленнях.

Шлях сигналу від місця виникнення до контрольної крапки повинен бути по можливості прямими коротким (не більше 75... ,100 мм).

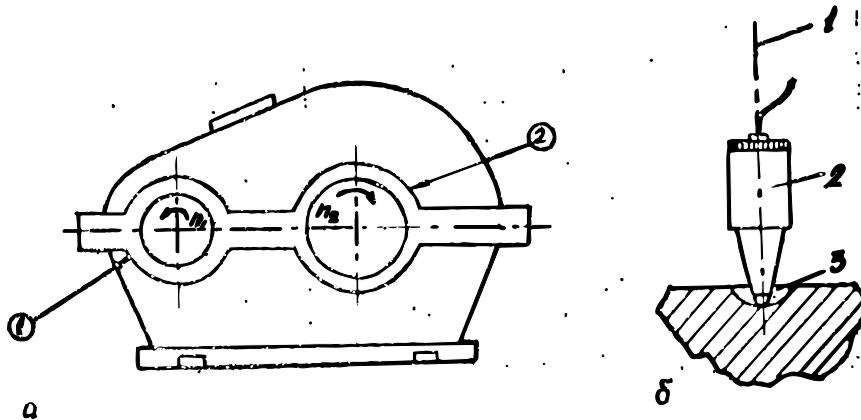


Рисунок 7.1. Схеми до розміщення й оформлення контрольних крапок

На шляху сигналу допускається тільки один матеріальний розрив, наприклад, між зовнішнім кільцем підшипника й корпусом. Якщо є проміжні елементи (склянки, втулки й т.п.), те в корпусах необхідно виконати прохідні отвори для датчиків або для подовжувальних ніпелів. Дуже важлива з погляду якості діагностування операція сполучення датчика переносного приладу з вузлами й деталями виробу.

Пристосованість машин й агрегатів до технічного діагностування визначається категорією контролепридатності і оцінюється наступними основними показниками:

- 1) середньою оперативною трудомісткістю даного виду діагностування

$$S_g = \sum_{j=1}^n S_{gj}$$

Де  $N$  - число операцій даного виду діагностування;

$S_{gi}$  - оперативна трудомісткість  $j$  операції діагностування, чол. /ч;

$S_{gj} = S_{oj} + S_{Bj}$ ,

$S_{oj}$ ,  $S_{Bj}$  - відповідно основна й середня допоміжна трудомісткість  $j$  - й операції діагностування, чол. / ч;

$S_{Bj} = S_{yj} + S_{Tj}$

$S_{yj}$  - середня трудомісткість установки й зняття вимірювальних перет-

ворювачів й інших пристроїв, необхідних для виконання  $j$ -ї операції діагностування, чол./ч;

$S_{Tj}$  - середня трудомісткість робіт на виробі для забезпечення доступу до контрольних крапок і при ведення виробу у вихідний стан після діагностування, чол./ч;

2) коефіцієнтом безрозбірного діагностування

$$K_{\text{бд}} = \Pi_k / \Pi_n$$

Де  $\Pi_k$  - число контрольованих параметрів виробу даного виду діагностування, для виміру яких не потрібні демонтажно-монтажні роботи,

$\Pi_n$  - загальне число контрольованих параметрів.

3) середньою трудомісткістю підготовки виробу до діагностування

$$S_B = S_1 + S_2$$

де  $S_1, S_2$  - середня трудомісткість відповідно установки й зняття вимірювальних перетворювачів і монтажно-демонтажних робіт для забезпечення доступу до контрольних крапок і повернення виробів у вихідний стан,

4) коефіцієнтом трудомісткості підготовки виробу до діагностування

$$K_{T\partial} = \frac{S_0}{S_0 + S_B}$$

де  $S_0$  - основна трудомісткість діагностування,

5) рівнем контролепридатності:

а). при диференційованій оцінці

$$g_i = \frac{K_i}{K_{i\bar{0}}}$$

де  $K_i, K_{i\bar{0}}$  - показник контролепридатності оцінюваного виробу й базовий показник його;

б). при комплексній оцінці

$$g = \prod_{i=1}^n (g_i)^{\sigma_i}$$

Тут  $n$  - кількість показників, по сукупності яких оцінюють рівень контролепридатності;  $\sigma_i$  - коефіцієнт вагомості  $i$ -го показника контролепридатності.

Контрольні питання до теми 7.

7.1 Які теорії складають основу технічної діагностики?

7.2 Що охоплює система діагностування?

7.3 Назвіть види фізичного зносу.

7.4 Надайте класифікацію механічних видів зносу.

7.5 Якими показниками оцінюється категорією контролепридатності?

7.6 Які завдання необхідно вирішити для забезпечення контролепридатності?

7.7 Розкрийте поняття "Контрольна крапка"

## Тема 8. ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНДАРТНИХ ВИРОБІВ

### 8.1 Діагностування підшипників кочення, зубчастих зачеплень.

Контактні поверхні тіл кочення й доріжок зовнішнього й внутрішнього кілець підшипників не ідеально гладкі. Внаслідок цього рух кульок (роликів) супроводжується безперервними зіткненнями, у результаті яких виникають миттєві (ударні) сили опору. Значення імпульсів цих сил залежать від геометричних параметрів шорсткостей або розмірів дефектів. Якщо ушкоджень немає (рис. 8.1,а), то ударні імпульси при кожному зіткненні в крапках  $A_i$  незначно відрізняються друг від друга, але впливають із високою частотою і являють собою рівень власного тла справного підшипника. Таким чином,  $dB_i$  - початковий рівень ударних імпульсів, вище яких починається розвиток механічних ушкоджень (дефектів).

Ударні імпульси викликають поява в корпусі підшипника й крищі пружних волі  $Z$ , поширення яких полягає в порушенні коливальних у корпусних деталях і не пов'язане з переносом речовини. При видаленні від місця виникнення (крапка  $A$ ) енергія пружних хвиль зменшується, а прилад, установлений у крапці  $B_i$ , реєструє рівень напруги поздовжньої хвилі

$$\sigma = \frac{dF}{dS}$$

де  $d$  - сила пружної поздовжньої хвилі;  $d$  - площа корпусної деталі, через яку поширюється хвиля.

Рівень напруги вимірюють у паскалях, белах (б) або децибелах (д). Остання одиниця відповідає 20 десятковим логарифмам відносини середньоквадратичного значення напруги до умовного порога тиску.

Якщо на контактних поверхнях елементів підшипника з'являються механічні ушкодження (наприклад, осповидний відкол 1 або тріщина 2, зображенні на рисунку 8.1,б), то напруги збільшуються за рахунок того, що геометричні розміри таких дефектів (ширина тріщини, глибина відколу) набагато перевищують висоту мікронерівностей. Зі збільшенням ширини тріщини або глибини скеля збільшується зміною положення центра кулі  $h$  й, отже, зростає швидкість співударяння. Ця обставина дозволяє не тільки виявити механічні ушкодження в підшипниках кочення, але й вивчити динаміку їхнього розвитку.



Ушкодження на контактних поверхнях зубьєв зубчастих колес, нещільності в елементах гідравлічних і пневматичних мереж обумовлюють виникнення пружних волі, реєструвати які можна так, як у підшипниках кочення. Особенність ударних імпульсів і відповідних сил опору руху - висока частота проходження ( $> 28$  кГц), у той час як технологічні сили опору обмежені частотою 2 Гц ... .. 16 кГц.

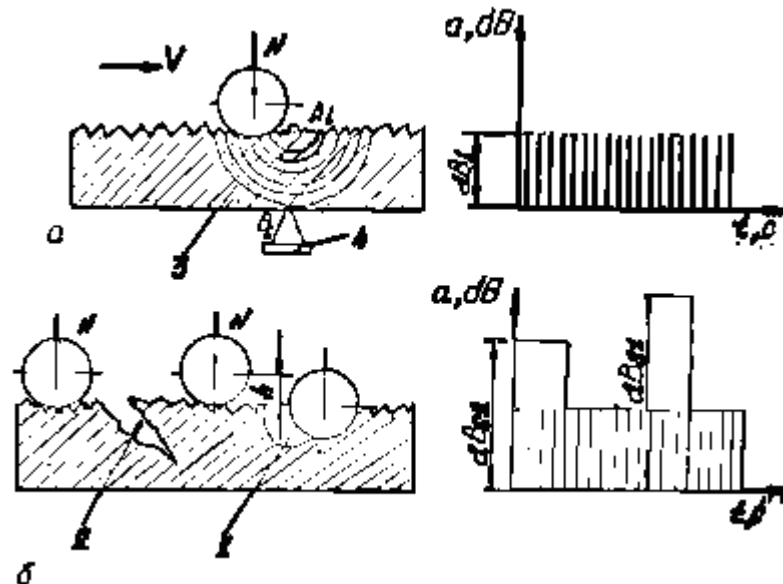


Рисунок 8.1 - Схема взаємодії елементів підшипників кочення при роботі машин: а - механічних ушкоджень немає; б - на біговій доріжці з'явилася тріщина 2 або осповидний відкол 1

Принцип ударних імпульсів реалізований у приладі ІСП-І (МНПО "Спектр", м. Москва). Індикатор стану підшипників ІСП-І призначений для виявлення й вивчення розвитку механічних ушкоджень на контактних поверхнях елементів підшипників кочення й зубьях зубчастих колес, а також дефектів в арматурах гідравлічних і пневматичних мереж.

Прилад (рис.8.2, а) складається з індикаторного щупа, що підключає до рознімання 3, електронного блоку 8, головного мікрофона 1, сигнальної лампочки 2, основний 3 і допоміжних 6 й 7 шкал (нерухомі  $dB_i$ ,  $n$ ; рухливі  $dB_N$ ,  $d$ ), прозорого движка 4 із червоною стрілкою, допоміжного покажчика 5. Основна шкала  $dB_N$  розділена на три зони: зелену ( $dB_N = 0...20$ ), жовту ( $dB_N = 20...35$ ) і червону ( $dB_N = 35...60$ ). Через рознімання А подається живлення від мережі змінного струму, до рознімання D підключаються навушники, у крапці В є тумблер. Осередок для батареї "Крона" змонтований на задній стінці електронного блоку.

Основні частини індикаторного щупа (рис.8.2,б): корпус 14, п'єзоелектричний датчик 12 із щупом 10, гайка 15, конічний кожух 17, ущільнення 9, 16 а накидні гайки 11, 13. Сигнали від датчика, вмонтованого в індика-

торний щуп, надходять в електрон- ний блок, де вони рівняються за допомогою прозорого движка з попередньо запрограмованим початковим значенням ударних імпульсів, що відповідають працездатному стану даного підшипника.

Прибор ІСП-І відповідає вимогам ДЕРЖСТАНДАРТ 20417-75 і дозволяє вирішувати наступні основні завдання:

- 1) перевіряти дієздатність об'єкта діагностування в режимі "у нормі - не в нормі";
- 2) робити оптимальний пошук дефектів.

Його можна використати при експлуатації об'єкта діагностування для оцінки технічного стану, при ремонті, а також до і після ремонту для оцінки якості зборки, умов змазування, режимів навантаження.

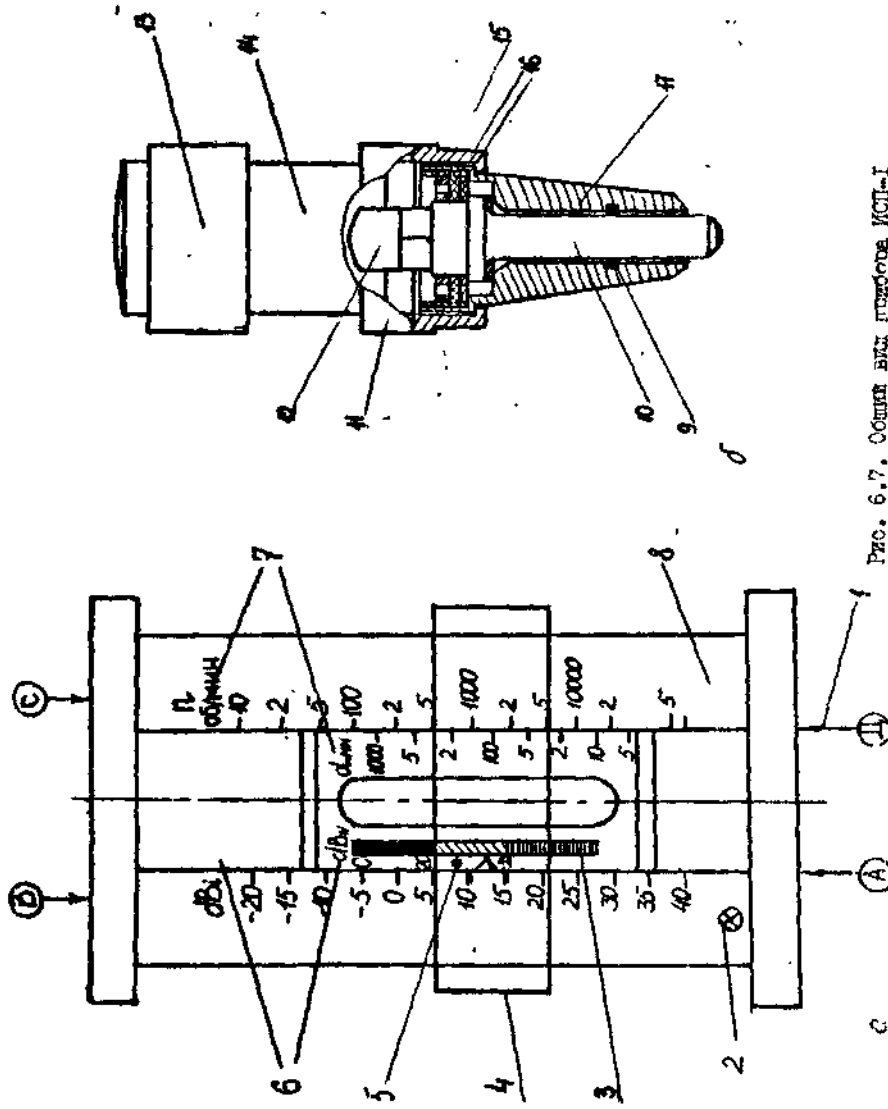


Рис. 6.7. Общий вид прибора ИСП-1

Рисунок 8.2- Схема прибора ИСП-1

## 8.2 Балансування обертових деталей

## 8.2.1 Статичне балансування.

При статичній нерівноваженості центр ваги й геометрична вісь обертання деталі не збігаються. Завдання статичного балансування - знайти важку й легку частини деталі, для того щоб, полегшуючи важку сторону або зробивши важкою легку, одержати необхідний ступінь зрівноважування.

Балансуєму деталь 3 (рис.8.3,а), зібрану на валу або на спеціальному оправленні 2, установлюють на балансувальний верстат для визначення області рівноваги. Цю область ділять навпіл і за допомогою виска 1 відзначають вертикальний діаметр. Легку  $L$  и важку  $T$  частини деталі маркують крейдою. Повернувши деталь на  $90^\circ$ , у крапці  $A$  кріплять вантаж  $P$  (рис. 4.3,б). Досвідченим шляхом вантаж підбирають так, щоб деталь була трохи недоврівноважена, тобто щоб вона повернулася важкою стороною вниз на кут  $\varphi = 10 \dots 15^\circ$ . Такий стан балансуємої деталі можна записати в наступному вигляді:

$$Gr_c \cos \varphi = P \frac{D}{2} \cos \varphi + (G + P) f \frac{d}{2}$$

де  $G$  - сила ваги деталі;  $r_c$  - відстань від центра ваги до геометричної осі обертання;  $D$  - діаметр деталі, на якому кріпиться вантаж  $P$ ;  $f$  - коефіцієнт опору в підшипниках опор;  $d$  - діаметр вала або оправлення.

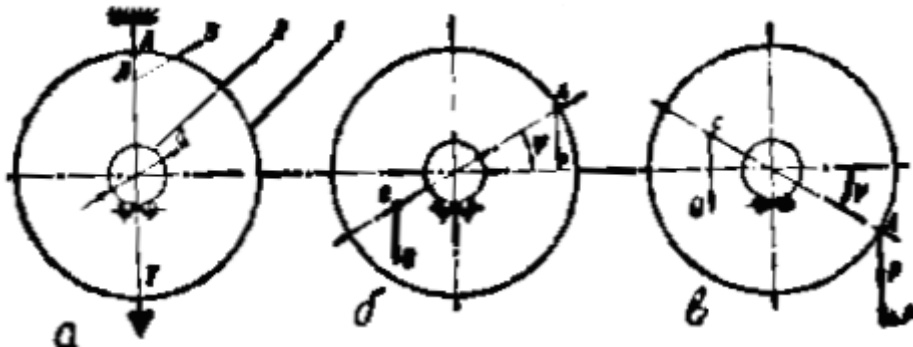


Рисунок 8.3-Схема статичного балансування

Потім підбирають додатковий вантаж  $\Delta P$  так, щоб деталь стала трохи переврівноважена (рис. 4.3,в), тобто щоб вона повернулася важкою частиною нагору на такий же кут. Тоді з рівняння рівноваги

$$(P + \Delta P) \frac{D}{2} \cos \varphi = Gr_c \cos \varphi + (G + P + \Delta P) f \frac{d}{2}$$

Вирішивши обоє рівності при  $G + P$  маємо

$$Gr_c = \left( P - \frac{\Delta P}{2} \right) \frac{D}{2}$$

Ліва частина рішення являє собою момент, створюваний з нерівноваженою силою при  $\varphi = 0$ , а права містить компенсаційний вантаж, який необхідно закріпити на балансуємої деталі на відстані  $0.5D$  від осі обертання.

Таким чином, сила ваги компенсаційного вантажу

$$G_k = P + \frac{\Delta P}{2}$$

Вантаж повинен бути надійно закріплений. Якщо він невеликий (маса < 100 г), то на важкій стороні деталі висвердлюють отвір, причому маса висвердленого металу повинна бути рівної масі компенсаційного вантажу. Отвір можна робити на легкій стороні деталі й заливати цю свинцем. При масі компенсаційного вантажу > 100 г вантаж виготовляють у вигляді накладок, косинок і т.п. Якщо компенсаційний вантаж не можна закріпити в одному місці, то до балансуємої деталі кріплять кілька вантажів, підібраних з таким розрахунком, щоб вектор рівнодіючої сили залишився без зміни.

При статичному балансуванні легко припуститися помилки - закріпити компенсаційний вантаж не в тій площині приведення, у якій зосереджені неврівноважені сили, а протилежної. Це викличе появу неврівноваженого моменту й різко збільшить додаткові динамічні навантаження на опори. Тому статично врівноважують тільки плоскі деталі з низькою кутовою швидкістю ( $\omega < 30$  рад/с). Для зрівноважування швидкохідних деталей і деталей циліндричної форми необхідне динамічне балансування.

#### 4.2.2 Динамічне балансування засобом обходу пробним вантажем

При динамічному балансуванні засобом обходу пробним вантажем на балансувальних верстатах створюють умови для зовнішнього прояву неврівноважених відцентрових сил. Після виміру цих сил прямими або непрямими методами визначають масу й місце кріплення компенсаційних вантажів. Технологія способу полягає в наступному. Торці деталі, прийняті за площини приведення, урівноважують роздільно. Балансуємий торець установлюють на пружній спорі верстата й ділять на частині. Крапки розподілу нумерують (рис.4.4,а). Потім підбирають такий пробний вантаж, щоб створювана їм відцентрова сила  $C_{np}$  не робила помітного впливу на опори балансувального верстата, т. е.

$$C_{np} = \kappa_c G$$

де  $\kappa_c$  - коефіцієнт обмеження відцентрової сили пробного вантажу ( $\kappa_c = 0,02 \dots 0,03$ );  $G$  - сила ваги балансуємої деталі. Визначивши  $C_{np} = \frac{G_{np}}{g} r \omega^2$ ,

$$\text{знайдемо масу пробного вантажу } m_{np} = \kappa_c \frac{G}{r \omega^2}.$$

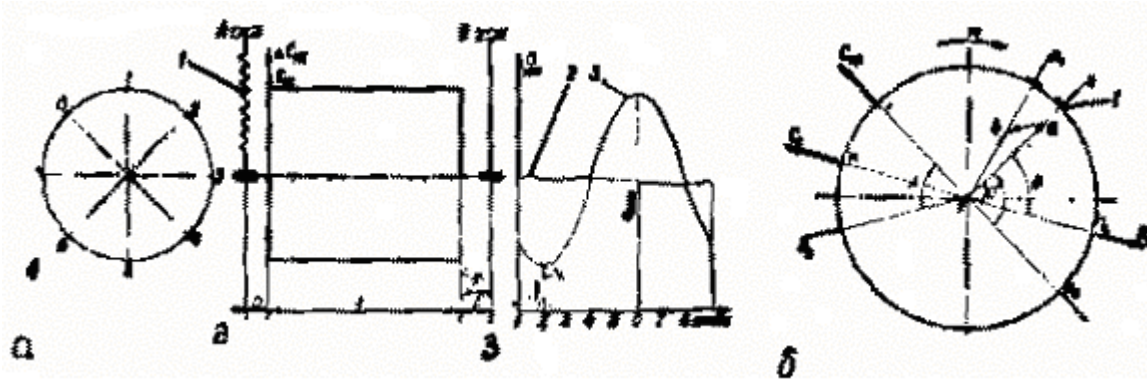


Рисунок 8.4. Схема динамічного балансування засобом: а - обходу пробним вантажем, б - максимальних оцінок.

Тут  $g$  – прискорення вільного падіння;  $r$  – радіус, на якому закріплений пробний вантаж;  $\omega$  - кутова швидкість деталі.

Закріпивши пробний вантаж у крапці 1, за допомогою розгінного пристрою балансуємої деталі повідомляють робочу кутову швидкість. При вільному зниженні швидкості вібрметром, установленим на пружній опорі, вимірюють амплітуду коливань у районі резонансу. Повторивши досвіди для кожної крапки розподілу площини приведення, знайдемо залежність амплітуди коливань  $a$  від місця кріплення пробного вантажу (рис.4.4.2). Така залежність може мати різне графічне зображення. Якщо деталь урівноважена, то залежність являє собою злегка хвилясту лінію 1. Якщо деталь неуврівноважена (лінія 2), то при кріпленні пробного вантажу в одній із крапок амплітуда коливань максимальна  $a_{max}$ , а в діаметрально протилежній крапці – мінімальна  $a_{min}$ . Компенсаційний вантаж закріплюють у крапці з мінімальною амплітудою коливань (у даному прикладі в крапці 2).

Для визначення сили ваги компенсаційного вантажу скористаємося залежностями між амплітудою коливань і силою, що обурює:

$$a_{max} = \lambda'(C_n + C_{np});$$

$$a_{min} = \lambda'(C_n - C_{np})$$

На підставі цих залежностей складемо пропорцію

$$\frac{a_{max}}{a_{min}} = \frac{C_n + C_{np}}{C_n - C_{np}}$$

звідки

$$C_n = C_{np} \frac{a_{max} + a_{min}}{a_{max} - a_{min}}$$

Деталь буде динамічно врівноважена при  $C_n = C_u$

Таким чином, що врівноважує відцентрова сила, створювана компенсаційним вантажем,

$$C_y = C_{np} \frac{a_{\max} + a_{\min}}{a_{\max} - a_{\min}}$$

Якщо компенсаційний і пробний вантажі закріпити на однаковому віддаленні від осі обертання, то

$$\frac{G_{1к}}{g} R \omega^2 = \frac{G_{np}}{g} R \omega^2 \frac{a_{\max} + a_{\min}}{a_{\max} - a_{\min}}$$

Тоді сила ваги компенсаційного вантажу в першій площині приведення

$$G_{1к} = G_{np} \frac{a_{\max} + a_{\min}}{a_{\max} - a_{\min}}$$

Компенсаційний вантаж  $G_{1к}$  викликає поява сили, що врівноважує  $G_{1у}$  (рис.8.4,1).

Аналогічно врівноважують другу площину приведення. Однак поява в цій площині сили, що врівноважує,  $G_{2к}$  до порушить рівновага першої площини приведення, що балансували без обліку сили  $G_{2к}$ . Порушення рівноваги можна усунути, закріпивши в першій площині приведення додатковий компенсаційний вантаж  $\Delta G_{1к}$ .

Надлишок ваги додаткового компенсаційного вантажу визначають із умови рівноваги першої площини приведення під дією сил  $C_{2к}$  й  $\Delta C_{1к}$ . Сили  $C_{1H}$  і  $C_{1к}$  у рівняння рівноваги можна не вводити, тому що під їхньою дією перша площина приведення перебувала в рівновазі.

З рівняння рівноваги  $\sum_i M_{i\theta} = 0$  або  $\Delta C_{1к}(b+c) - C_{2к}C = 0$

$$\text{знаходимо } \Delta G_{1к} = G_{2к} \frac{c}{b+c}$$

Сила  $\Delta C_{1к}$  у свою чергу, викличе порушення рівноваги другої площини приведення. Його можна відновити додатковим компенсаційним вантажем  $\Delta G_{2к}$  який викличе появу сили  $\Delta C_{2к}$ . Вирішивши рівняння рівноваги для другої площини приведення під дією сил  $\Delta C_{1к}$  й  $\Delta C_{2к}$ , одержимо

$$\Delta G_{2к} = G_{2к} \frac{a \cdot c}{(a+b)(b+c)}$$

Практично можна обмежитися двома-трьома додатковими компенсаційними вантажами, тому що сила ваги їх різко зменшується. Наприклад, при  $a = 100$  мм,  $b = 1000$  мм,  $c = 100$  мм

$$\Delta G_{1к} = \frac{1}{11} G_{2к}; \quad \Delta G_{2к} = \frac{1}{121} G_{2к}$$

#### 4.2.3 Динамічне балансування засобом максимальних оцінок.

Засіб максимальних оцінок на відміну від засобу обходу пробним вантажем дозволяє одночасно визначати значення й напрямки невірноважених сил, що істотно скорочує витрати часу на балансування деталей. Технологія динамічного балансування засобом максимальних оцінок полягає в наступному. Циліндричну частину деталі (наприклад, маточину) зафарбо-

вують крейдою. Деталь установлюють на балансувальний верстат так, щоб урівноважує плоскість, що, приведення перебувала на пружній опорі. Після цього деталі розгінним пристроєм надають робочу кутову швидкість. При вільному зниженні швидкості в районі резонансу вимірюють амплітуду коливань пружної опори верстата й одним тимчасово рейсмусом роблять оцінку на зафарбованій поверхні деталі. Ніж коротше оцінка, тим більше точно визначається напрямок вібрації. Потім оцінку 1 (рис.4.4,б) переносять на ескіз площини приведення, ділять її навпіл і по напрямку  $on$  у масштабі відкладають значення амплітуди коливань. Отриманий вектор  $oa$  характеризує вібрацію першої площини приведення під дією неврівноважених сил.

Другий досвід проводять після закріплення на деталі пробного вантажу. Пробний вантаж можна закріпити в будь-якому місці обраної окружності площини приведення, однак закріпимо його так, щоб навантаження на опори верстата не збільшилися.

Відомо, що в області резонансу кут зрушення фази між силою, що обурює, і коливаннями  $\beta \approx 90^\circ$ . Тому орієнтовний напрямок неврівноважених сил  $on_2$  можна одержати, відклавши від вектора  $oa$  убік випередження кут  $\beta = 90^\circ$ . Навантаження на опори балансувального верстата не збільшаться, якщо закріпити пробний вантаж у крапці  $do$ , тому що виникаюча при обертанні деталі відцентрова сила пробного вантажу  $C_{np}$  буде спрямована протилежно неврівноваженим силам. Деталь із пробним вантажем приводять в обертання, знову одночасно наносять максимальну оцінку й вимірюють амплітуду коливань. Другу оцінку переносять на ескіз, ділять її навпіл і по напрямку  $on_1$  у прийнятому масштабі відкладають значення амплітуди коливань. Вектор  $ob$  характеризує вібрацію при сумарній дії балансуєму деталь неврівноважених сил і відцентрової сили пробного вантажу. Різниця векторів  $oa$  і  $ob$  дає вектор  $ab$  вібрації деталі під дією тільки відцентрової сили пробного вантажу. Провівши через крапку  $o$  лінію  $on_3$  паралельно вектору  $ab$ , одержимо кут  $\beta$ , що характеризує зрушення фаз між вектором вібрації деталі під дією пробного вантажу й вектором його відцентрової сили. Якщо обидва досвіди виконані при однакових умовах, то між вектором неврівноважених сил  $C_H$  і вектором вібрації  $oa$ , що ці сили викликають, зрушення фаз також буде дорівнює куту  $\beta$ .

Для визначення дійсного напрямку неврівноважених сил від вектора  $oa$  убік випередження відкладемо кут  $\beta$ . Напрямок  $on_4$  - шуканий напрямок неврівноважених сил. Першу площину приведення можна зрівноважити, закріпивши із протилежної сторони в крапці  $m$  такий компенсацій вантажу, щоб виконувалася умова  $\overline{C_n} + \overline{C_k} = 0$ .

Силу ваги компенсаційного вантажу визначимо, використовуючи залежність між амплітудою коливання й силою, що обурює. Тоді

$$C_n / C_{np} = oa / av, \text{ звідки } C_n = C_{np} \frac{oa}{av} = C_k.$$

При закріпленні компенсаційного й пробного вантажів на однаковому



видаленні від осі обертання сила ваги компенсційного вантажу в першій площині приведення  $G_k = G_{np} \frac{oa}{av}$

Аналогічно балансують другу площину приведення, підбираючи при необхідності додаткові компенсційні вантажі.

Контрольні питання до теми 8.

8.1 Які явища використовують при діагностування підшипників кочення, зубчастих зачеплень?

8.2 Розкрийте принцип роботи індикатору стану підшипників ІСП-І

8.3 Назвіть види невірноваженостей.

8.5 В яких випадках проводиться статичне балансування?

8.6 Розкрийте суть динамічного балансування засобом обходу пробним вантажем.

8.7 Розкрийте суть динамічного балансування засобом максимальних оцінок.

## Тема 9. ДІАГНОСТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ТА ВУЗЛІВ

9.1 Діагностування труб, корпусів агрегатів, металевих конструкцій.

Внутрішні й зовнішні поверхні труб, корпусів, металевих конструкцій піддаються механічним, хімічним, електрохімічним й іншим впливам, у результаті яких знижується їхній технічний ресурс через зменшення товщини стінки або площі поперечного переріза.

Для діагностування товщини стінки використовуються різні прилади, наприклад, переносний толщиномер УТ-91П "Кварц-15". Принцип роботи приладу заснований на ультразвуковому імпульсному луні-методі виміру товщини, що полягає в тому, що ультразвукові коливання відбиваються від границь розілу середовищ із різними акустичними опорами. Реєструється час, що відповідає поширенню ультразвукових коливань по товщині виробу,

$$t = \frac{2B}{c\gamma}$$

де  $B$  - товщина стінки;  $c$  - швидкість поширення ультразвукових коливань у матеріалі виробу;  $\gamma$  - коефіцієнт, обумовлений конструкцією перетворювача.

Основні вузли приладу (рис.9.1): перетворювач генераторно- статистичної обробки, індикаторне пристрій і блок живлення.

У комплекті приладу є три перетворювачі окремо-сумісного типу (табл. 2), що дозволяють вимірювати товщину стінки  $B$  1...300 мм. Випромінююча пластина 5 перетворювача випромінює імпульс ультразвукових коливань через призму 2 (лінію затримки), спрямований по нормалі до зовнішньої поверхні об'єкта діагностування 1. Імпульс коливань поширюється до внутрішньої поверхні виробу, відбивається від її й, пройшовши через призму 3 (затримку), сприймається прийомною пластиною 4.

Генераторно-підсилювальний вузол складається із синхронізатора 7, генератора імпульсу порушення 6, підсилювача 12, схеми регульованої затримки 8, вимірювального тригера 13, інтегратора 18, електронного ключа комутації живлення 19, електронного стабилизатора напруги 20 зі схемою автоматичного відключення.

Вузол статистичної обробки містить у собі ряд дільників 9 числа імпульсів, генератор імпульсів рахунку 14, логічних елементів "И" 10, двійкової перерахункової схеми й формувач імпульсу скидання 11. Індикаторний пристрій складається із двоїчно-десяткових лічильників 17, дешифраторів із цифровими індикаторами 16. Прилад працює в такий спосіб. Генератор імпульсу порушення запускається імпульсами синхронізатора. Імпульс, що виникає у випромінюючій пластині, пройшовши лінію затримки й перетерпівши переломлення на границі роздязгнула контактуючих поверхонь перетворювача й об'єкта діагностування, досягає внутрішньої поверхні виробу. Відбитий імпульс ультразвукових коливань перетвориться прийомною пластиною в електричний сигнал, підсилюється й надходить на один із входів вимірювального тригера, що запускається по другому вході імпульсом синхронізатора, затриманим схемою регульованої затримки. Час затримки імпульсів синхронізатора вибирають при калібруванні приладу ручкою 25 на передній панелі приладу рівним часу поширення імпульсу ультразвукових коливань у призмах перетворювача. У результаті на виході вимірювального тригера генерується імпульс, тривалість якого прямо пропорційна товщині стінки об'єкта діагностування.

Імпульси синхронізатора надходять на двійковий лічильник 17, що містить 10 тригерних осередків. Імпульси з виходу дев'ятого й десятого осередків подаються на вхід логічного елемента "И", вихід якого управляє одним із входів другого логічного елемента "И", підключеного своїми керуючими входами до генератора імпульсів рахунку й до вимірювального тригера. Вихід першого логічного елемента "И" підключений до керуючого входу вузла живлення 21 індикаторів і дешифраторів.

На виході другого логічного елемента "И" виробляється статистичне нагромадження імпульсів рахунку, що збігаються за часом з імпульсами вимірювального тригера в 256 тактах роботи синхронізатора. Рахункові імпульси з виходу цього елемента надходять на двійкову перерахункову схему 15, що забезпечує підвищення стабільності показань індикатора. Потім імпульси подаються на двоїчно-десяткові лічильники з дешифраторами, сигнали яких управляють цифровими індикаторами. Якщо перерва між вимірами перевищує 1...3 хв, то живлення всієї електронної схеми автоматично відключається.

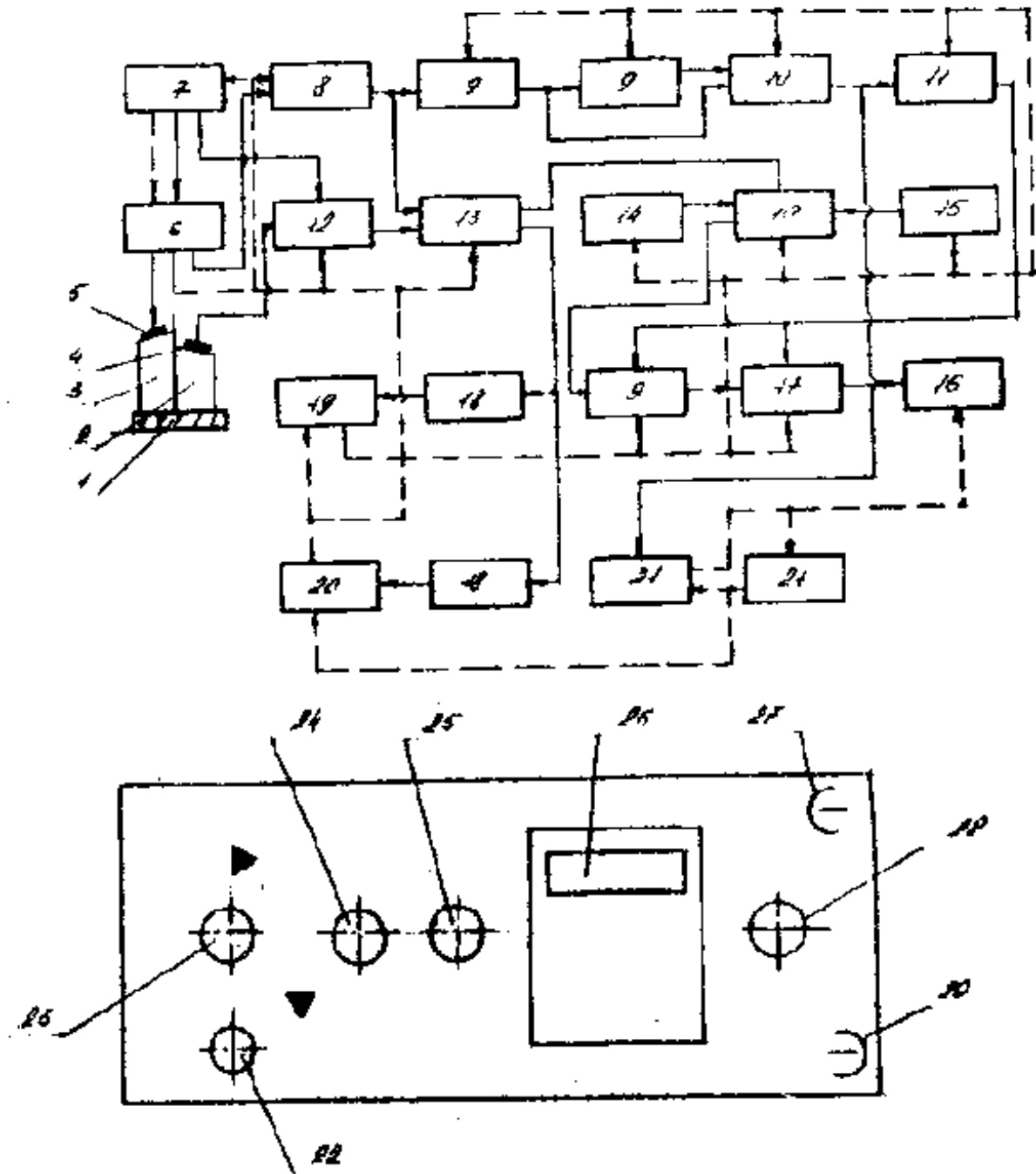


Рис.9.1 Структурна схема й зовнішній вигляд передньої панелі приладу "Кварц - 15"

Однозначність між показаннями індикатора 26 приладу й товщиною об'єкта діагностування досягається вибором частоти генератора імпульсів рахунку ручкою 24 на передній панелі приладу.

Якщо за цей час результат не отриманий, то вимір варто припинити й повторити його після охолодження перетворювача через 3...4 хв.

## 9.1 Діагностування теплового стану конструкцій агрегатів

### 9.1.1 Термометрична діагностика

Термометрична діагностика - один з видів технічної діагностики. Вона вивчає стани машин й агрегатів по їхніх теплових ознаках.

Робота машин й агрегатів супроводжується значним виділенням теплоти, особливо з появою у вузлах і деталях механічних ушкоджень, різних дефектів, порушеннях правил технічної експлуатації. Тому теплові поля об'єктів діагностування мають велику інформативність і можуть бути використані для одержання оцінок технічних станів або ресурсів. Істотна перевага термометричної діагностики - можливість візуалізації теплових полів й їх аналіз за допомогою сучасної обчислювальної техніки.

Вимір температури об'єкта діагностування може бути контактним або безконтактним. Для термометричної діагностики металургійних машин й агрегатів найбільш перспективні пірометри й теплові зори..

Пірометри - це оптико-електронні пристрої бесконтактного виміру температури. Тепловізори призначені для дослідження температурних полів. Безконтактне термодіагностування металургійного встаткування засновано на аналізі параметрів теплового потоку від об'єкта, що відрізняється від абсолютно чорного тіла енергетичними й спектральними характеристиками.

Ці залежності використовуються в конструкціях різних пірометрів, у тому числі пірометрів повного випромінювання, структурна схема якого показана на рисунку 9.1.

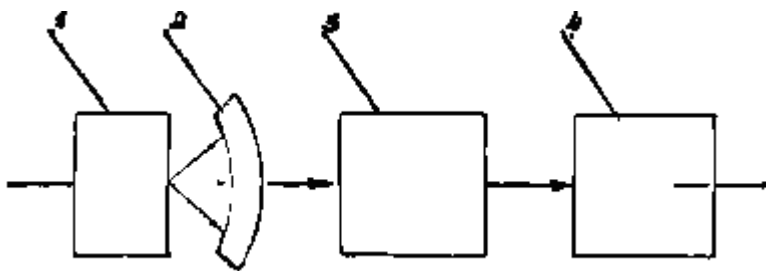


Рисунок 9.1- Структурна схема пірометра повного випромінювання

По струм випромінювання нагрітого тіла 1 сприймається оптичною системою 2 і направляється в перетворювач 3, що виробляє електричний сигнал, пропорційний енергії променистого потоку. Обмірюване значення температури вказується на індикаторі 4. Для обліку випромінювальної способности різних об'єктів пірометри (наприклад, БІТ-15, БІТ-16 "Фи-

лан", БІТ-17 "З" інституту технічної теплофізики АН України) снуються регуляторами, що дозволяють перед термодіагностуванням увести в схему приладу виправлення на " $\lambda_T$ ".

Різноманітні асортименти приладів для термометричної діагностики випускає фірма, "AGAIrfrared Systems" (Швеція). Пірометр цієї фірми "Thermopoint-80" дозволяє вимірювати температуру в діапазоні -30...+1000 °С. Прилад має убудований мікропроцесор, у пам'яті якого запрограмовано понад 25000 операцій для виконання складних обчислень одночасно п'яти найважливіших температурних величин; температури в будь-якій крапці об'єкта зі швидкістю 4 виміри/з; середнього, максимального й мінімального значень температури по скануємої поверхні або в якій-небудь крапці за певний проміжок часу; різниці максимальної й мінімальної температур. Для підвищення точності намірів передбачене введення у вимірювальну систему значень температури навколишньої серед і випромінювальної здатності.

Ця фірма випускає вимірювальну систему "Thermovision-782" для термодіагностики теплових полів об'єктів, що складається з переносного пристрою, що розгортає, і чорно-білого дисплея. Для наступної обробки діагностичної інформації передбачені відеомагнітофони, система перетворення чорно-білих зображень у телевізійне зображення, мікрокомп'ютер, пристрій для друкування кольорових графіків й ін.

Крім різних приладів, у промисловості використовуються температурні індикатори: термокраски, термолаки, термоолівці й т.д.

Термокраска являє собою суспензію з'єднань, що після нанесення на тверду поверхню затвердеває і змінює свої кольори при температурах переходу. Вона застосовується для контролю температури поверхонь різної форми й конструкції.

Термолак - це колоїдний розчин з'єднань із плівкоутворювальними речовинами.

Термоолівці - тверді стрижні, пігментировані різними з'єднаннями. Вони призначені в основному для миттєвого виміру температури нагрітих поверхонь, на яких вони залишають сліди незалежно від шорсткості.

У якості візуальних термоіндикаторів використовуються й рідкі кристали, серійний випуск яких освоєний на Харківському заводі хімічних реактивів.

## 9.2. Діагностування конвеєрних систем

Стрічкові конвеєри – один з основних транспортів, Який використовується у металургійній галузі. Собівартість, капітальні витрати, пов'язані з їх впровадженням та витрати пов'язані з транспортуванням великих обсягів матеріалів на невеликі відстані, значно менші ніж відповідні показники для інших видів транспорту.

Вартість конвеєрної системи сягає 30 % загальної вартості транспортувального обладнання.

Складні умови використання конвеєрів накладають високі вимоги, що до надійності конвеєрів, суттєво впливають на собівартість продукції.

Основним та самим коштовним елементом конвеєра є стрічка. За даними колишнього Мінвуглепрому УРСР, однією з основних причин простоїв конвеєрів є аварії, пов'язані з поривами стрічок і це за умови, що для конвеєрних стрічок призначають найбільші в практиці проектування гірничих машин запаси міцності (8 - 12). В той же час менше 5% стрічок відпрацьовує прогнозований термін використання. Аварійні зупинки основного технологічного обладнання з вини конвеєрного транспорту складають 20-30% загального часу таких простоїв. Через руйнування бортів конвеєрних стрічок міняють 18% стрічки, (інколи ця цифра сягає 30%). Таким чином, ефективність роботи конвеєрного транспорту в умовах металургійного виробництва, визначається надійністю, терміном роботи та сталістю руху стрічок.

Основною з причин руйнування стрічок, обраних із значними запасами міцності, є нерівномірний розділ тягового зусилля поміж тяговими елементами осердя. Тяговими елементами осердя стрічки слугують троси в гумовотросових стрічках та нитки в гумовотканинних стрічках.

Одною з причин нерівномірного розподілу навантажень тягових елементів є взаємодія стрічки з барабаном, поверхня якого зношена нерівномірно, як, правило, в середній частині - більше. Такий характер зносу пояснюється декількома причинами: збільшеними величинами ширини стрічок, що застосовують у виробництві, збільшеними кутами нахилу бортів, для транспортування великогрудкових матеріалів, нерівномірним розподілом матеріалу на стрічці (матеріал розташовують ближче до середини), перевищенням ширини барабана над шириною стрічки (для можливого деякого зміщення вісі стрічки з осі конвеєра), взаємодією стрічки з барабаном забрудненою поверхнею (у багато приводних барабанах). Нерівномірне навантаження тягових елементів у стрічці сприяє появі декількох негативних явищ.

По-перше, зростання навантажень окремих елементів (крайніх), за рахунок зменшення навантаження інших (середніх), за умови дії постійного зовнішнього навантаження призведе до зменшення реальної тягової спроможності стрічки, що особливо небезпечно для важко навантажених конвеєрів.

По-друге, нерівномірний розподіл навантажень призведе до нерівномірних залишкових подовжень тягових елементів стрічки. Пересвідчитись у цьому можна шляхом спостереження форми ненавантаженої (знятої з конвеєра) стрічки або відрізка – вона не плоска, а має хвилясті краї. Наслідком такого розподілу залишкових пошкоджень є зростання так званого “розвалу” стрічки поміж дискретно розташованими боковими ролика-

ми. У свою, чергу збільшення розвалу призводить до зростання опору протягування стрічки по роликам. Тобто зростають і витрати енергії транспортування й прикладене до стрічки тягове зусилля.

По-третє, нерівномірний розподіл навантажень по ширині стрічки, навіть при незначній несиметричності навантаження відносно осі стрічки, призведе до її згину в площині стрічки. Такий згин стрічки, у свою чергу, призводить до набігання стрічки на барабан не під кутом  $90^0$ , відповідно до зміщення вісі стрічки з осі конвеєра, тобто спричиняє не сталий рух стрічки. Зрушення стрічки з осі конвеєра призведе до виходу стрічки за проектні габарити та до контакту стрічки з нерухомими конструкціями. Наслідками таких явищ є руйновані краї стрічки, знос нерухомих конструкцій – рами привода, ставу конвеєра.

По-четверте, внаслідок нерівномірного зносу робочої поверхні барабана, точки на його поверхні мають різні лінійні швидкості. Різниця в лінійних швидкостях точок на поверхні барабана, що контактують із стрічкою спричиняє додаткове ковзання стрічки по барабану. Додаткове ковзання веде до додаткового зносу барабана та стрічки, до потреби збільшення сил зчеплення стрічки та барабана. У свою чергу, потреба збільшення зчеплення стрічки та барабана, за умови незмінності інших чинників, вимагає не доцільного для важко навантажених конвеєрів збільшення загального натягнення стрічки.

З наведеного можна зробити висновок, що неминучий у процесі експлуатації конвеєра знос барабана, негативно впливає на роботу конвеєра загалом (зменшується сталість руху стрічки, зростає сила опору руху стрічки, зростають витрати енергії на транспортування), а також на умови експлуатації стрічки (зростає натягнення стрічки, зношуються її борти, рвуться крайні троси, стрічка втрачає форму плоскої платівки, зношується обкладинка стрічки, що взаємодіє з барабаном). Окрім того, змінність діаметру барабана по його ширині зумовлює різні лінійні швидкості руху зовнішніх точок робочої поверхні барабана, відповідно змінний характер взаємодії стрічки та барабана по його ширині, що також впливає на перерозподіл навантажень поміж тяговими елементами.

Максимальні навантаження на стрічку (сили розтягу та дотичні сили) діють на ділянках конвеєрної стрічки, що межують поміж собою - ділянка набігання на приводний та ділянка взаємодії стрічки з приводним барабаном. Тому при визначенні впливу зносу вказані чинники треба враховувати.

Для гумовотканинної стрічки суттєвими є дві - складові, що залежать від форми барабана та рівномірно розподіленого по ширині стрічки тягового зусилля. Будемо враховувати обидві складові.

З урахуванням прийнятності гіпотези плоских перерізів при розрахунках напруженого стану гумовотросової стрічки на нерівномірно зношеному барабанові, додаткове напруження розтягу визначимо через додаткове відносне подовження

$$\frac{dr}{dl} = \frac{R_{\max} - R_{sr}}{R_{sr}}.$$

Значення  $R_{sr}$  визначимо, враховуючи те, що сума сил у ненавантажених силами розтягу стрічці, відповідно, і сума відносних деформації у перерізі, дорівнює нулеві. Для цього на вісі  $y$ , спрямованій уздовж вісі барабана, знайдемо координату  $Y$ , при якій поздовжні деформації відсутні. Будемо вважати, що в наслідок зносу твірні, що утворюють поверхню барабана набувають форми параболи

$$Y^3 - \int_0^Y y^2 dy = \int_Y^{B/2} y^2 dy - \left( \frac{B-Y}{2} \right) Y^2.$$

Звідки

$$Y = \frac{B}{2\sqrt{3}}.$$

Тому під середнім радіусом барабана будемо розуміти такий радіус при згині троса, по якому його довжина залишається незмінною. Цей радіус

$$R_{sr} = R_{\min} + \frac{\Delta}{3}.$$

де  $\Delta = R_{\max} - R_{\min}$  - знос барабана.

Враховавши те, що середній радіус менший за максимальний на дві третини зносу  $\Delta$ , із (7.1) максимальне відносне подовження

$$\left( \frac{dr}{dl} \right)_{\max} = \frac{\frac{2}{3}\Delta}{R_{\max} - \frac{2}{3}\Delta}.$$

Величина зносу мала відносно радіусу тому в інженерних розрахунках можна прийняти

$$\left( \frac{dr}{dl} \right)_{\max} = \frac{2\Delta}{3R_{\max}}.$$

Відзначимо, що отримане значення узгоджується з точним. Деформації на  $\varepsilon = 2 \div 4\%$  відповідають робочому навантаженню. Коефіцієнт запасу міцності при цьому визначають за формулою

$$n = \frac{n_{\text{nom}}}{K_p K_T K_{CT} K},$$

де  $n_{\text{nom}}$  - номінальний запас міцності;

$K_p$  - коефіцієнт режиму роботи;

$K_T$  - коефіцієнт форми траси конвеєра;

$K_{CT}$  - коефіцієнт, що враховує навантаження прокладок у стикові;

$K$  - коефіцієнт, що враховує кількість прокладок у стрічці.

Номінальний запас,  $n_{\text{nom}} = 5$ ,  $K_p = 1,1-0,8$  (для легкого - важкого ре-



жимів роботи);  $K_T=1-0,85$  (для гори- зонтальних – горизонтально-похилих),  $K_{CT}=0,9\div 0,85$ ,  $K=1\div 0,8$  для стрічок з однією – вісьмома прокладками.

Міцність стикових завулканізованих з'єднань не може перевищувати  $0,65\div 0,75$ . Нерівномірність розподілу навантажень поміж прокладками стрічки з однією - вісьмома прокладками на барабані лежать у межах  $1\div 1,5$ . Тому, замість  $K_{CT}=0,9\div 0,85$ ,  $K=1\div 0,8$  слід приймати  $K_{CT}=0,65\div 0,75$ , а  $K=1\div 1/1,5=1\div 0,7$ . Відповідно, таке уточнення зменшить реальний номінальний запас близько на 25%, тобто до чотирьох для стрічки з однією прокладкою. Для стрічки з однією - вісьмома прокладками уточнений номінальний запас міцності становить

$$n_{\text{nom}}^I = 4(1\div 0,7).$$

Прийmemo, що нерівномірність розподілу навантажень пропорційна кількості прокладок і перепишемо залежність (7.8) наступним чином

$$n_{\text{nom}}^I = 4 \left( 1 - 0,3 \frac{N-1}{7} \right).$$

Врахувавши, можливі перевантаження конвеєра в умовах металургійного виробництва, те, що знос барабана відбувається поступово, прийmemo мінімальний запас міцності  $n_{\text{min}} = 1,5$ . Різниця поміж номінальним та мінімальним запасом міцності може визначати допустиме деформування стрічки на барабані з не рівномірно зношеною робочою поверхнею

$$n_3 = 4 \left( 1 - 0,3 \frac{N-1}{7} \right) - 1,5.$$

Відповідно, допустиме подовження

$$\delta = \left( 1 - \frac{1}{n_3} \right) \varepsilon.$$

Конвеєрній стрічці надають лоткоподібну форму. Надання лоткоподібної форми біля барабанів призведе до додаткового перерозподілу напружень поміж тяговими тросами в перерізі, прийнявши за основу номінальний діаметр, маємо умову для визначення допустимого зносу поверхні барабана

$$\Delta \leq \left[ \left( 1 - \frac{1}{4 \left( 1 - 0,3 \frac{N-1}{7} \right) - 1,5} \right) \frac{3\varepsilon - \left( \frac{\Psi b}{2^{3/2} l} \right)^2}{2} \right] R_{\text{nom}}.$$

Зусилля натягнення стрічки в районі веденого барабана, барабана відхилення стрічки біля приводного барабана конвеєра з одним приводним барабаном, як правило, не перевищують 25% максимального. На барабані для відхилення стрічки у двобарабанному приводі - 50%. Тому до-

пустимий знос робочої поверхні таких барабанів може бути більшим. Виходячи з того, що реальні запаси міцності для них вищі у чотири та два рази, введемо коефіцієнт, що враховує призначення барабана  $\rho$ , якому надамо значення  $\rho = 4$  – для приводного барабана,  $\rho = 8$  – для веденого барабана та барабана відхилення стрічки біля приводного барабана конвеєра з одним приводним барабаном,  $\rho = 16$  – барабана відхилення стрічки біля приводного барабана конвеєра з двома приводними барабанами. Тоді допустимий знос барабана визначається з умови

$$\Delta \leq \left[ \left( 1 - \frac{1}{\rho \left( 1 - 0,3 \frac{N-1}{7} \right) - 1,5} \right) \frac{3}{2} \varepsilon - \left( \frac{\Psi b}{2^{3/2} l} \right)^2 \right] R_{\text{ном.}}$$

Аналіз залежності (7.13) показує, що, при кутах нахилу бічних роликів до  $30^\circ$ , довжині ділянки лоткоутворення понад  $1,5B$ , впливом ділянки лоткоутворення на допустимий знос барабана можна знехтувати.

$$\Delta \leq \left[ \left( 1 - \frac{4}{4\rho - 6} \right) \cdot 0,04 - \left( \frac{\Psi b}{2^{3/2} l} \right)^2 \right] R_{\text{ном.}}$$

### Контрольні питання до теми 9

- 9.1 Назвіть причини нагріву деталей та вузлів металургійних машин й агрегатів .
- 9.2 Які прилади використовуються в термометричній діагностиці?
- 9.3 Розкрийте принцип роботи пірометра повного випромінювання.
- 9.4 Які індикатори використовуються в промисловості?
- 9.5 Яка основна причина простоїв конвеєрів.
- 9.6 Причини нерівномірного розподілу навантажень тягових елементів конвеєрів.
- 9.7 Нерівномірне навантаження тягових елементів у стрічці сприяє появі яких явищ?
- 9.8 Як знаходиться допустимий знос поверхні барабана?

## Тема 10. ВИДИ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

Всі дефекти, як відомо, викликають зміну однієї або декількох фізичних характеристик металів й їхніх сплавів - щільності, електропровідності, магнітній проникності, пружних властивостей та інші. Дослідження

змін характеристик металів і виявлення дефектів, що є причиною цих змін, становить фізичну основу методів неруйнівного контролю (МНК). Ці методи засновані на використанні проникаючих випромінювань (рентгєнівського й гамма-випромінювань, ультразвукових і звукових коливань, магнітних й електромагнітних полів, оптичних спектрів, явищ капілярності і т.і.).

За ДСТ 18353-79 НК класифікують на види: акустичний, магнітний, оптичний, метод з проникаючими речовинами, радіаційний, радіоволновий, тепловий, електричний й електромагнітний. Вид неруйнівного контролю - це умовне угруповання методів НК, об'єднаних спільністю фізичних характеристик.

Акустичні методи засновані на реєстрації пружних коливань, збуджених у контрольованому об'єкті; застосовують для виявлення поверхневих і внутрішніх дефектів (порушень цілісності, неоднорідності структури, міжкристалічної корозії, дефектів склейки, пайки, зварювання й т.і.) у виробках, виготовлених з різних матеріалів. Вони дозволяють вимірювати геометричні параметри при однобічному доступі до виробу, а також фізико-механічні властивості металів і металовиробів без їхнього руйнування.

Магнітні методи засновані на реєстрації магнітних полів розсіюваних над дефектами або магнітними властивостями контрольованого об'єкта; застосовують для виявлення поверхневих і підповерхньових дефектів у деталях і напівфабрикатах різної форми, виготовлених з феромагнітних матеріалів. До них відносять магнітопорошковий, магнітографічний, феррозондовий, магнітоіндуктивний й інші методи.

Оптичні методи засновані на взаємодії світлового випромінювання з контрольованим об'єктом. По характеру взаємодії розрізняють методи проникнутого, відбитого й індукованого випромінювань. Останнім терміном визначають оптичне випромінювання об'єкта під дією зовнішнього впливу, наприклад, люмінесценцію. Первинними інформативними параметрами цих методів контролю є амплітуда, фаза, ступінь поляризації, частота або частотний спектр, час проходження світла крізь об'єкт, геометрія переломлення й відбиття випромінювання. Оптичні методи широко застосовують через велику різноманітність засобів одержання первинної інформації. Можливість виявлення зовнішніх дефектів не залежить від матеріалу контрольованого об'єкта.

Найпростішим методом є органолептичний візуальний контроль, за допомогою якого знаходять зовнішні дефекти, відхилення від задані форми, кольори та інші. Застосування луп, мікроскопів, ендоскопів для контролю форми виробів, спроектованих у збільшеному виді на екран, значно розширює можливості візуально-оптичного методу. Використання інтерференції дозволяє з похибкою до 0,1 довжини хвилі контролювати сферичність, шорсткість, товщину виробів. Дифракція застосовна для контролю діаметрів тонких волокон, товщини стрічок, форм гострих крайок.

Оптичними методами широко контролюють і прозорі об'єкти. У них

виявляють макро- і мікродефекти, структурні неоднорідності, внутрішні напруження. Використання світловодів, лазерів, оптичної голографії, телебачення значно розширює коло застосування оптичних методів.

Капілярні методи засновані на капілярному проникненні індикаторних рідин у порожнині поверхневих дефектів. При контролі цими методами на очищену поверхню деталі наносять проникаючу рідину, що заповнює порожнини поверхневих дефектів. Потім рідину видаляють, а частину, що залишилася в порожнинах дефектів, виявляють нанесенням проявника, що утворить індикаторний малюнок. Ці методи застосовують у цехових, лабораторних і польових умовах, при позитивних і негативних температурах. Вони дозволяють виявляти дефекти виробничо-технологічного й експлуатаційного походження, тріщини шліфовочні, термічні, усталостні; волосовини, й ін. Капілярні методи можуть бути застосовані для виявлення дефектів у деталях з металів і неметалів простої і складної форм.

Найпоширеніші колірний, люмінесцентний, люмінесцентно-кольоровий, фільтрівних часток, радіоактивних рідин й інші капілярні методи.

Методи течешуку засновані на реєстрації індикаторних рідин і газів, що проникають у наскрізні дефекти контрольованого об'єкта. Їх застосовують для контролю герметичності працюючих під тиском зварених посудин, балонів, трубопроводів гідропаливних апаратів, масляних систем силових установок і т.п. До методів течешуку відносять гідравлічне обпресування, ам'ячно-індикаторний метод, контроль за допомогою гелієвого й галоїдного течешукачей і т.д. Проведення течешуку за допомогою радіоактивних речовин дозволяє значно збільшити чутливість методу.

Радіаційні методи контролю засновані на реєстрації й аналізі проникаючого іонізуючого випромінювання. Проникаючі випромінювання (рентгенівське, у-випромінювання, потоки нейтронів й ін.), проходячи через товщу виробу, по-різному послабляються в дефектному й бездефектному перетинах і несуть інформацію про внутрішню будову речовини й наявність дефектів усередині контрольованих об'єктів. Радіаційні методи застосовують для контролю зварених і паяних швів, виливків, прокату й т.і.

Радіоволнові методи засновані на реєстрації зміни параметрів електромагнітних хвиль радіодіапазону, взаємодіючих з контрольованим об'єктом. Звичайно застосовують хвилі надвисокочастотного (СВЧ) діапазону довжиною 1 -100 мм для контролю виробів з матеріалів, де радіохвилі не дуже сильно загасають: діелектрики (пластмаси, кераміка, скловолокно), магнітодіелектрики, напівпровідники, тонкостінні металеві об'єкти. По характеру взаємодії з об'єктом контролю розрізняють методи минулого, відбитого, неуважного випромінювання й резонансний.

Теплові методи засновані на реєстрації змін теплових або температурних полів контрольованих об'єктів. Вони застосовні до об'єктів з будь-яких матеріалів. По характеру взаємодії поля з контрольованим об'єктом розрізняють пасивний (на об'єкт не впливають зовнішнім джерелом енер-

гії) і активний (об'єкт нагрівають або охолоджують від зовнішнього джерела) методи. Вимірюваним інформативним параметром є або температура, або тепловий потік.

При контролі пасивним методом вимірюють теплові потоки або температурні поля працюючих об'єктів з метою визначення несправностей, що проявляються у вигляді місць підвищеного нагрівання. Таким методом виявляють зменшення товщини футеровки доменних і мартенівських печей, місця витoku теплоти в будинках, тріщини у двигунах і т.д.

При контролі активним методом об'єкт звичайно нагрівають контактним або безконтактним засобом і вимірюють температуру з тієї ж або з іншої сторони об'єкта. Це дозволяє виявляти тріщини, пористість, сторонні включення в об'єктах, зміни в структурі й фізико-механічних властивостях матеріалів по зміні теплопровідності, теплоємності, коефіцієнту теплопередачі. Вимір температур або теплових потоків виконують контактним або безконтактним засобом. В останньому випадку передача теплоти відбувається в основному за рахунок радіації, тобто випромінювання електромагнітних хвиль в інфрачервоній або видимій частині спектра залежно від температури тіла.

Найбільш ефективним засобом безконтактного спостереження, реєстрації температурних полів і теплових потоків є скануючий тепловізор. Його застосовують для визначення дефектів пайки багат шарових з'єднань із металів і неметалів, клейових з'єднань і т.д.

Електричні методи засновані на реєстрації параметрів електричного поля, взаємодіючого з контрольованим об'єктом (електричний метод), або поля, що виникає в контрольованому об'єкті в результаті зовнішнього впливу (термоелектричний). Первинними інформативними параметрами є електричні ємність або потенціал.

Ємкісний метод застосовують для контролю діелектричних або напівпровідникових матеріалів. По зміні діелектричної проникності, у тому числі її реактивної частини, контролюють хімічний склад пластмас, напівпровідників, наявність у них несплошностей, вологість сипучих матеріалів й інші властивості.

Метод електричного потенціалу застосовують для контролю провідників. Вимірюючи падіння потенціалу на деякій ділянці, контролюють товщину провідного шару, наявність несплошностей поблизу поверхні провідника. Електричний струм обгинає поверхневий дефект, по збільшенню падіння потенціалу на ділянці з дефектом визначають глибину несплошності з похибкою в кілька відсотків.

Термоелектричний метод застосовують для контролю хімічного складу матеріалів. Наприклад, нагрітий до постійної температури мідний електрод притискають до поверхні виробу й по виникаючій різниці потенціалів визначають марку сталі, титана, алюмінію або іншого матеріалу, з якого зроблений виріб.

У цей час одержав розвиток метод електронної емісії - емісії іонів з

поверхні виробів під впливом внутрішніх напружень. Цей метод застосовують для визначення розтріскувань в емалевих покриттях, для сортування деталей, виміру товщини плівкових покриттів, перевірки хімічного складу й визначення ступеня загартування виробів.

Електромагнітний метод (вихрових струмів) заснований на реєстрації змін взаємодії електромагнітного поля котушки з електромагнітним полем вихрових струмів, що наводять цією котушкою в контрольованому об'єкті. Його застосовують для виявлення поверхневих дефектів у магнітних і немагнітних деталях і напівфабрикатах. Метод дозволяє виявляти тріщини на різних за конфігураціях деталях, у тому числі покриття.

#### Контрольні питання до теми 10

- 10.1 На які види класифікують методи неруйнівного контролю?
- 10.2 На чому засновані теплові методи?
- 10.3 На чому засновані радіоволнові методи?
- 10.4 На чому засновані електричні методи?

### **Тема 11. ЗАГАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ**

#### 11.1 Умови роботи обладнання

У процесі експлуатації устаткування піддається фізичним, хімічним і механічним впливам, деталі й вузли втрачають спроможність виконувати функції. Інтенсивність цих впливів визначається температурою навколишнього середовища, вібраціями, ударами, пластичними деформаціями і відносним рухом деталей, що взаємодіють.

Окремі деталі устаткування працюють при високих температурах і значних їхніх градієнтах. Висока температура, обумовлена не тільки тертям, але і своєрідними умовами. Поверхні окремих деталей піддаються періодичному нагріванню до високих температур і охолодженню до температури навколишнього середовища. Після певної кількості теплосмін настає термічна втома.

Механічні впливи на деталі й вузли устаткування різноманітні. Для машин характерні повторно-короткочасні режими роботи, високі вібраційні навантаження при частих пусках, реверсах і зупинках. Такі статичні навантаження призводять до зломів деталей, а циклічні - до руйнації від втоменості.

#### 11.2 Відновлення деталей

##### 11.2.1 Застосування механічної обробки

Для відновлення зношеної деталі необхідно відновлення початкової форми, розмірів та властивостей (здебільшого поверхневих) влас-

тивостей: твердість, оскільки осер- дя, як правило, зберігається, коли не враховувати окремих випадків зародження тріщин втомленості. При цьому взаємно замінність деталей та посадок повинна відновлюватись повністю.

На практиці відновлюють геометричну форму деталі шляхом надання їй ремонтних розмірів, більших або менших за початкові. Посадка спряження при цьому відновлюється в межах окремого стандартного розміру, а при вільних розмірах узагалі порушується.

Основні способи відновлення деталей: механічне оброблення, із використанням тиску, зварювання, наплавлення, хімічний (хромування, залізнення).

Механічна обробка застосовується під час реалізації практично всіх методів відновлення деталей. Під час обробки деталей встановлюють на верстаті в однозначно визначеному положенні. Поверхні деталі, якими її встановлюють на верстаті, називають установчими базами. Базові поверхні в більшості зберігаються, але вони можуть зношуватись, або взагалі бути відсутніми. Під час встановлення деталі по зношеній поверхні похибки зростають.

Установочні бази ділять на основні та допоміжні. Основні - для встановлення на верстаті та для спряження (з'єднання) з іншими деталями. Відзначимо, отвір в шестерні слугує й для встановлення її на верстаті під час точіння, нарізання зубів й для встановлення на валі. Тобто отвір у шестерні є основною установчою базою.

Допоміжними базами називають поверхні для встановлення деталі на верстаті, наприклад, центрові отвори у валі. Такі бази доцільно вибирати з урахуванням забезпечення точності та зручності виконання роботи. Краще коли під час ремонту користуються тими ж базами, що й під час виготовлення деталі. Коли під час експлуатації бази були порушені, то слід починати з їх відновлення. При цьому можуть мати місце наступні випадки:

а) деталі зберегли допоміжні бази ( у такому випадку вибір баз не викликає ускладнень);

б) у деталі відсутня одна з допоміжних баз, в такому випадку використовують неушкоджені бази, а замість ушкодженої використовують найменш зношену поверхню ( при зносі одного з центрових отворів деталь можна закріпити в патроні станка, а другий кінець із використанням центрального отвору);

в) деталь не має допоміжних баз, в таких випадках створюють нові проміжні бази, наприклад, в отвори запресовують тимчасові втулки або за проміжну базу вибирають найменш зношену поверхню, за нею обробляють більш зношену (не до чистового розміру), потім ще більш зношену, коли була оброблена базова то за нею обробляють начисто деталь.

Слюсарно-механічна обробка - правка, зняття шару металу (обрубка, шабрення, свердлення, зенкування, розгорткування, шліфування,

притирання), прогонка різі, пластична поверхнева обробка. До слюсарних робіт відносять й перезалиття підшипників тертя ковзання. З наведеного видно, що всі ремонтні слюсарні операції ті ж самі, що й раніше розглянуті операції при складанні. Слюсарна обробка, як правило, входить складовою частиною окремих ремонтних операцій.

Відновлення деталей обробкою під ремонтний розмір. Обробкою під ремонтний розмір відновлюють кінематичні пари типу вал - втулка, поршнінь-циліндр т.п. Під ремонтний розмір обробляють складнішу та дорожчу деталь пари, а другу заміняють новою або відновлюють до ремонтного розміру.

Розглядають ремонтні розміри регламентовані й нерегламентовані. Деталі з регламентованими розмірами випускаються промисловістю (поршні, муфти, вкладиші підшипників). Під відповідний ремонтний розмір обробляють взаємодіючі деталі. При цьому зберігають точність та посадку, передбачені робочими кресленнями.

Нерегламентованими називають розміри деталі, призначені з урахуванням припуску на припасування деталі на місці. В такому випадку деталь, що ремонтують обробляють до отримання правильної геометричної форми та шорсткості поверхні, до виведення наслідків зносу, потім до неї підганяють іншу. Переваги: зростає термін роботи складних та дорогих деталей, якість ремонту. Недоліки: обмеженість взаємозамінності відремонтованих деталей. Це ускладнює забезпечення запасними частинами та ремонт машин.

Значення та кількість регламентованих ремонтних розмірів залежить від зносу деталей за міжремонтний період от припуску на механічну обробку, запасу міцності деталі або глибини термічної обробки її поверхневого шару. Припуск на оброблення призначають з урахуванням характеру обробки, типу устаткування, розміру та матеріалу деталі. Перший ремонтний розмір може бути визначено за формулами для валів

$$d_{p1} = d_n - 2 ( U_{\max} + Z ),$$

для отворів

$$D_{p1} = D_n + 2( U_{\max} + Z ),$$

де  $d_n$ ,  $D_n$  - розміри вала й отвору за робочими кресленнями;  $d_{p1}$ ,  $D_{p1}$  - перший ремонтний розмір вала й отвору;  $U_{\max}$ ,  $U_{\min}$  - максимальний й мінімальний знос на сторону;  $Z$  - припуск на механічне оброблення на сторону ( для розточування 0,05 - 0,1 мм на сторону, при шліфуванні 0,03 - 0,05 мм на сторону).

### 11.2.2 Застосування ремонтної деталі

Інколи відновлення супроводжують встановленням додаткової ремонтної деталі (ДРД). Додаткову ремонтну деталь застосовують для компенсації зносу робочих поверхонь деталей, також при заміні зношеної або пошкодженої деталі. В першому випадку додаткову ремонтну деталь



встановлюють безпосередньо на зношену поверхню деталі (посадочні отвори під підшипники кочення в редукторах, отвори з різьбою та інше). ДРД можуть мати форму гільзи, каблучки, шайби, платівки, спіралі.

Коли у деталі складної форми зношені окремі поверхні, то її можна відновити повним видаленням пошкодженої частини та постановкою на її місце заздалегідь виготовленої ДРД. Цей спосіб, прийнятний для ремонту кришок коробок передач, блоків шестерень. ДРД виготовляють, як правило, з того ж матеріалу, що й основна деталь. Інколи в чавуні деталі втулки можуть бути поставлені сталеві. Переваги: простота технологічного процесу, устаткування. Недоліки: зниження міцності основної деталі, великий видаток матеріалів на ДРД.

Різновидом способу ДРД являється платинування. Виділяють зносостійке (збільшує ресурс), відновлювальне (відновлює ресурс), регулювальне платинування та напружене.

Зносостійке платинування застосовують для збільшення ресурсу деталей, підвищення їх ремонтпридатності. Відновлювальне платинування дозволяє декілька раз відновлювати ресурс деталей (як раніше не платинованих, так й платинованих).

Регулювальне платинування застосовують для отримання потрібних зазорів й натягів у деталях або та й компенсації зносу деталі (підбортовщини регулюючих прокладок). За способами встановлення платівок платинування може бути напруженим, вільним та й пов'язаним.

При напруженому платинуванні деталь перед платинуванням обтискують та встановлюють у напруженому стані. Фіксацію платівок забезпечують із використанням сил тертя. Напружене платинування поділяють на пакетне, поздовжнє та спіралеподібне.

Пакетне платинування поділяють на внутрішнє (циліндричне та конічне) Для поверхонь отворів використовують платинування одним або декількома пасками, розташованими перпендикулярно до твірної отвору. При двовісному платинуванні стики пасків розташовують через  $180^{\circ}$ , при трьох пасовому - через  $120^{\circ}$ , чотирьох пасовому - через  $90^{\circ}$ . Поздовжнє платинування застосовують для отворів, в яких важко використовувати пасове платинування з-за великої кількості пасків. Стики розташовують тільки вздовж вісі отворів. Комплект платівок уводять в отвір за допомогою спеціальної оправки. Спіральне платинування полягає в тому, що на внутрішню або зовнішню поверхню деталі встановлюють гвинтову тонку платівку (паралелограм). Кінці закріплюють додатково. Цей спосіб використовують для відновлювання циліндричних деталей, довжина яких більше ніж в 4 рази перевищує діаметр (гідросилові циліндри та інше).

Вільним платинуванням називають спосіб, при якому платівка встановлюється вільно й утримується в ній унаслідок форми деталі і форми платівки (регулювальні платівки).

Пов'язане платинування передбачає застосовування додаткових за-

собів закріплення платівок - приварювання, приклеювання або встановлення механічних стопорів.

ДРД звичайно, кріплять посадкою з натягом. Інколи приварюванням до торця, приклеюванням, стопорними гвинтами або штифтами. Потрібну посадку ДРД забезпечують посадкою H7/j6, шорсткістю поверхонь не менше за Ra=1,25-0,32 мкм. Запресовують на машинному мастилi з графітом.

В деяких випадках виникає потреба у відновленні отворів із різью в корпусних деталях. Застосовують наступні способи: заварювання отворів з наступним нарізанням номінальної різі; нарізання різі більшого розміру: встановлення загвинтиша; спіральної вставки.

Вставки мають наступні переваги: підвищення міцності з'єднання, можливість відновлення тонкостінних деталей до номінального розміру, знижається знос різі при постійному використанні. Спіральна вставка - це пружина з ромбічного дроту, зовнішня поверхня якої утворює з'єднання з різью з корпусом, а внутрішня із шпилькою. Спіральні вставки можна зробити на токарному верстаті за допомогою оправки.

### 11.2.3 Відновлення деталей тиском

Відновлювання деталей пластичним деформуванням ґрунтується на здатності металів й сплавів під впливом навантаження змінювати геометричну форму без порушення цілісності, тобто як й обробленні металів тиском. Різниця полягає в тому, що обробляється не заготовка, а готова деталь із не коректними розмірами або формою.

Деталі з крихких матеріалів, та з малим запасом міцності таким способом не можуть бути відновлені. Оброблення металів тиском може бути холодне й гаряче. Пластична холодна деформація реалізується внаслідок пластичних зсувів металу, які вимагають великих зовнішніх зусиль. При цьому пластичність металу стає меншою, границі текучості й міцності, твердість зростають.

Пластична деформація здійснюється внаслідок зсуву та подвійнення. подвійнення - переорієнтація частини кристалів у симетричне положення відносно першої частини кристала. Під час проковзування, одна частина кристала зміщується відносно іншої під дією дотичних напружень в напрямках найменшої лінійної щільності атомів та по площинам найбільшої міжплощинної відстані.

Гаряче оброблення металів тиском виконується при температурі вище температури рекристалізації. Для сталей - 1300-1500<sup>0</sup>К. Таке нагрівання призводить до появи окалини, знеуглецюванню поверхневого шару, коробленню деталі. Таке нагрівання, доцільне при значних пластичних деформаціях. Для вуглецевих сталей радиться інтервал температур 600...1000<sup>0</sup>К.

Після холодної пластичної деформації застосовують рекристалізацію

- змінену структури шляхом нагрівання до температур не менше 0,4 от температури правління. Пластична деформація при температурах вище температури рекристалізації проходить також з утворенням зсувів, та метал не зміцнюється внаслідок рекристалізації та має структуру без насідків зміцнення.

Відновлення деталей пластичним деформуванням використовується в трьох випадках:

- 1-для відновлення розмірів зношених поверхонь деталі;
- 2-для виправлення геометричної форми деформованої деталі;
- 3-для відновлення механічних характеристик деталі.

1) Відновлюють роздаванням, осадкою, обтисканням, стисненням, накаткою.

2) Відновлюють правкою (статичною, динамічною, термічною);

3) Відновлюють дрібоструменевим методом, кулькою, вібраційними методами.

Відновлення розмірів зношеної поверхні деталі забезпечується переміщенням частини металу з неробочої частини деталі до її зношеної поверхні за допомогою роздавання, осаджування, обтискування, стиснення, накатування. Осадження для збільшення (допускається 8-15% від номінального розміру) зовнішнього діаметра (суцільних) і внутрішнього діаметра (із порожниною). Тут осаджування виконується прикладенням сили перпендикулярно до напрямку деформування. Під час осаджування деталь зміцнюється. Точні допуски розраховують з урахуванням характеру роботи відновлювальної деталі. Як правило, осаджуванням відновлюють втулки з кольорових сплавів. Для збереження початкових отворів, пазів, виступів у них установлюють спеціальні вставки відповідних розмірів. Коли деталь з'єднана з втулкою досить міцно, втулку можна не виймати. Після обтиснення втулку обробляють до відповідного розміру. Роздавання полягає у збільшенні зовнішніх розмірів деталей з порожнечою за рахунок збільшення внутрішніх розмірів (зовнішнє зусилля прикладається паралельно напрямку деформування). Роздавання може бути реалізовано в холодному та нагрітому стані. При холодному роздаванні загартовані деталі попередньо обпалюють. Роздавання виконують прошивками, дорнами, кульками. Після чого виконують хіміко-термічну та механічну обробку деталі. При гарячій обробці температуру початку та кінця обробки призначають у залежності від хімічного складу сплаву

Нагрівають деталь у печах струмом високої частоти або тертям. В останньому випадку механічна енергія перетворюється в теплову безпосередньо в місці роздавання. Використовують твердосплавний циліндричний дорн із конічною західною частиною. Діаметр дорна беруть на 1 - 3 мм (у залежності від потрібної величини деформації). Роздавання з нагріванням тертям виконують наступним чином. Дорн обертають та переміщують вздовж вісі. Унаслідок тертя забезпечується швидке місцеве нагрівання. Дорн і деталь нагріваються до температури 950-1000<sup>0</sup>. Дорн занурюється в

отвір та роздає його в діаметраль- ному напрямку. Збільшуються розміри шипа на 0,3 - 0,5 мм. Найбільш стійкі інструменти з карбідного сплаву ВК-6 (94% карбіду вольфраму й 6% кобальту).

Гідротермічне деформування полягає в тому, що трубчасту деталь нагрівають (с.в.ч.) до 1060-1100<sup>0</sup> С. Потім швидко охолоджують водою, що підведена крізь порожнину деталі. Унаслідок чого діаметр збільшується на 0,1-0,3 мм та деталь загартовується. Збільшення діаметра зумовлено тим, що під час швидкого відведення тепла з внутрішньої поверхні труби, внутрішні шари матеріалу, не маючи можливості зменшуватись в обсязі, маючи більший діаметр, утворюють оправку. Наступні шари не можуть zdeформувати утворену оправку.

Електрогідравлічне роздавання. Деталь трубчастої форми встановлюють у технологічний патрон разової дії. В деталь спрямовують рідину і пропускають імпульс струму високої напруги від конденсаторної батареї. В наслідок електрогідравлічного вибуху виникає ударна хвиля, котра деформує деталь. Матеріал патрона поліетилен ПЕВ-500, матеріал провідника дріт з алюмінію, робоча рідина - технічна вода. Деформації можуть сягати 0,1- 0,2 мм .

Обтиснення, застосовують для відновлювання внутрішніх розмірів деталей з порожнечою (втулки з гладкими й шліцьовими отворами). Використовують механічне, термомеханічне стиснення.

Матриця штампа має три зони: приймальну, деформування, калібрувальну. Зони деформування та калібрувальна можуть бути об'єднані. Термопластичне обтискання полягає в наступному: гільзи розташовують у спеціальних матрицях та нагрівають с.в.ч. до 840-885<sup>0</sup>С. Вільне розширення обмежено стінками матриці тому реалізується пластичне деформування . Після охолодження зменшується довжина. Максимальна деформація за один технологічний цикл 0.75 - 1 мм. Стискання використовують для збільшення зовнішніх діаметрів тонких деталей ( диски, зубчаті колеса...). Осаджування та роздавання виконується водночас.

Відновлювання шліців полягає в тому, що матеріал деталі за допомогою інструмента клиноподібної форми витискається із середньої частини шліца в напрямку зношених бічних поверхонь. Стискання, здебільшого, виконують у холодному стані. Ротаційний спосіб відновлювання зубчатих коліс ґрунтується на обкатуванні, попередньо нагрітого в кільцевому індукторі колеса, при осьовому стисканні. Після обкатування зуби калібрують та виконують хіміко-термічну обробку (нітроцементация й закалювання). Спосіб застосовують для відновлювання ведучих валів й шестерень.

Накатування дозволяє збільшити зовнішній та зменшити внутрішній діаметр деталі внаслідок витискання металу. Характерним для такого способу є рифлення поверхні. Це призводить до зниження площі опорної поверхні деталі.

Холодне накатування виконують на деталях твердістю до HRC 25-

30. Механічне накатування виконують спеціальними зубчатими роликами або дисками на оправці. Крок зубів 1,5-1,8 мм. Деталь встановлюють на токарному верстаті. Обертають її. Підводять до неї накатаний інструмент, встановлений у супорті станка. Зносостійкість накатаних поверхонь зменшується на

20-25%, а міцність на втомленість зростає на 10-12%. Спосіб має наступні переваги: проста технологія, устаткування, малі витрати робочого часу на ремонт, висока ефективність. Використовується для відновлення посадочних місць під підшипники кочення.

Електромеханічне накатування полягає в тому, що деталь встановлюють на токарному верстаті, до неї від знищуючого трансформатора підводять струм. Обертають деталь, підводять до неї накатник - інструмент встановлений у супорті станка. До інструменту приєднують другий полюс від джерела струму. Через поверхню контакту деталі і інструмента проходить струм 200-1000 А при напрузі в 1-5 В. Шар металу нагрівається до температури 800-1000 С та витискається із зони втручання інструменту, утворюючи гвинтову канавку та гребінь. Потім гребінь згладжують гладилкою у формі ролика або площини до номінального розміру.

Згладжування застосовують пластичне деформування вигладжуванням алмазним та твердосплавним інструментом. Процес алмазного вигладжування полягає в тому, що поверхневі шари металу деформують за один прохід інструментом. Робочою частиною такого інструмента є алмаз масою 0,4-0,8 карат обмежений, поверхнею сфери або циліндра з радіусом 1-3 мм. Подібним чином використовують й твердосплавний інструмент. Для зменшення тиску на деталь доцільно придати інструменту коливання.

Правка - відновлювання геометричної форми деталі. Ремонт виконують із метою відновлювання форми деталі. Згин, скручування усувають правкою (у гарячому або холодному стані). При великих деформаціях застосовують гарячу правку при температурі 600-800<sup>0</sup>С. Прогин вала один із найпоширеніших дефектів, що усувають правкою на пресі перед шліфуванням шийок. Виділяють наступні види правки: статичним згином, ударом та термічну. Правка статичним згином виконується в холодному стані та з нагрівом. Після холодної правки міцність на втому зменшується на 15-40%. Холодним способом правку виконують у такій послідовності. Визначають биття вала. Половина биття - стріла  $f$  згину. Вал ставлять на опори гвинтового або гідравлічного пресу вигнутою стороною вгору. Прогинають вал пресом через м'яку прокладку, так щоб згин вала перевищував його стрілу прогину в 1,0-1,5 рази. Метод такої правки значно збільшує опір вала повторному деформуванню. Подвійна правка відрізняється тем, що зусилля повинні бути таким, щоб вал після цього залишався прогнутим у зворотному напрямку на меншу величину. Потім операцію повторюють до повного виправлення вала.

Для підвищення сталості форми деталі й зняття внутрішніх напружень, що виникають внаслідок холодної правки виконують відпу-

щення при температурі 400-450°C на протязі 0,5-1 годин. Правку ударами виконують ударами шкіряними або текстолітовими молотками масою 300-500 гр. на спеціальних підставках. При ударній правці за основу беруть стискаючі напруження в наклепаному шарі металу.

Наклеп утворюють ударами молотка масою 100 г. з напівкруглою головкою. таким видом правки забезпечують високу точність і збереження форми виправленої поверхні. Для деталей зі значними деформаціями використовують гарячу правку з нагріванням деталі до 600-800°C. Правка місцевим нагріванням ґрунтується на застосуванні внутрішніх напружень. Після охолодження деталі в ній виникають залишкові напруження розтягу, що сприяють вирівнюванню деталі. Найефективніший цей спосіб при правці зварених трубчатих деталей.

Надклепуванням виправляють і листові деталі на плиті. Удари наносять не по опуклим місцям, а по сусіднім із ними ділянкам. Їх треба наносити з краю листа в напрямку до zdeформованої ділянки. При наближенні до середини zdeформованої ділянки удари наносять частіше та слабше. При наявності декількох угнутостей правку листа починають наносити удари в проміжках між ними. Цим зводять усі zdeформовані ділянки в одну, котру правлять вище наведеним способом. Потім лист перекидають і остаточно відновлюють його прямолінійність.

Термічне виправлення застосовують для листового металу. Опуклу частину нагрівають до 600-700°C, метал розширюється, потім при охолодженні за рахунок сил стискання виправляється. Цим способом правлять вали, вісі, труби, кутики.

Поверхнєве пластичне деформування. Відновлення властивостей металу механічним деформування. Міцність на втомленість деталей, зменшується. Відновлювання таких властивостей можливо поверхнєвим пластичним деформуванням (накатування роликками, кульками, вигладжуванням). Спосіб має наступні переваги: малі витрати робочого часу, можливість зміцнення деталей будь якої форми. Оброблення дробом діаметром 0,8-2 мм забезпечує пластичне деформування на глибину (0,5-0,8 мм). Режим обробки визначається швидкістю руху дробу (30-90 м/с), видатками дробу, часом обробки. Час обробки становить 0,5-20 хв. Оброблення дробом забезпечується пристроями механічної й пневматичної дії.

Механічний пристрій має ротор із лопатками, що викидають дріб. Пневматичні пристрої працюють від стиснутого повітря 0,4-0,6 МПа. Пневматичне устаткування менш складне, але менш економічне й продуктивніше. Механічні пристрої більш поширені оскільки не потребують компресора, більш економічні, допускають більш точне регулювання. Дробом обробляють складні деталі: шестерні, деталі малої жорсткості типу пружин, ресор.

Оброблення кульками (роликками) використовують для збільшення поверхнєвої міцності шийок валів, підвищення міцності на втому

пружин. Використовують суміщення методів обробки деталей: нанесення шару металу (залізнення) та розточування і калібрування. Зусилля притискання ролика 50-200Н, швидкість руху деталі 150-450 м/хв. поздовжня подача 0,06-0,08 мм/об. Оброблення проводиться у два - три проходи. Голубина наклепаного шару 0,05-0,15 мм.

Вигладжування відрізняється тим, що в якості деформуючого елемента використовують алмази (природні та штучні) та інші надтверді матеріали з низькими коефіцієнтами тертя по металу. Вирівнювач складається з оправки і алмазу. Встановлюють її, наприклад, в утримувач різця токарного верстата. Вигладжування виконують в умовах тертя ковзання при високому контактному тиску, радіус сфери 0,5-0,05 мм, швидкість 0,5-3,5 м/с і подача 0,02-0,1 мм/об. З метою підвищення стійкості інструмента інструмент повертають і застосовують мастильно-охолоджуючу рідину.

У залежності від обсягів робіт застосовують спеціальне і універсальне устаткування. Широко вживають серійні гідравлічні преси, наприклад, 2135-1. Їх використовують під час розбирання та складання вузлів машин, застосовують й для відновлення деталей осадженням, правкою, обстисканням. Розробляють й спеціальне обладнання.

Ролики для накатування виготовляють зі сталі ШХ-15 з термообробкою до HRC 62-64. Метод забезпечує досягнення достатньої точності та підвищує 20-30% міцність деталі на втомленість.

Для обкочування зовнішніх циліндричних поверхонь широко використовують кульові накатники жорсткої дії. Накатування, здебільшого, виконують на токарному верстаті, встановивши накатник в пристрій для утримуванні різця.

#### 11.2.4 Наплавлення та зварювання

В основному зварювання та наплавлення поділяють на ручне, автоматичне, напівавтоматичне, з захистом від впливу повітря та без нього, з плавким та неплавким електродом, змінним та постійним струмом (останній з прямою та зворотною полярністю).

Ручне електродугове наплавлення виконують при постійному, змінному однофазному, змінному трьох фазовому струмові. Якість зварювального, наплавленого шва суттєво залежить від властивостей матеріалу, що зварюють, від електродів та підібраних режимів технологічного процесу зварювання. Сталі за їх придатністю до зварювання умовно поділяють на чотири групи (табл. 4.2).

Діаметр електрода приймають у залежності від товщини деталі, що зварюють (табл. 4.3).

Електроди для зварювання та умови їх застосування наведено в таблиці 6.4. Величину струму обирають у залежності від діаметра електрода, з урахуванням обмазки (табл. 4.5)

В ремонтній практиці, із метою прискорення та підвищення якості

виконання зварювальних робіт, до- цільно використання напівавтоматичного зварювання. Якість зварювального, наплавленого шва при зварюванні напівавтоматами, як і при ручному зварюванні залежить від властивостей матеріалу, що зварюють, від зварювального дроту та підібраних режимів технологічного процесу зварювання. Підвищенню якості робіт сприяє також подача захисного газу – двоокису вуглецю у зону зварювання в напівавтоматі А-547-р. Дріт для зварювання має діаметр 0,5-2,5 мм, уявляє собою трубку, в якій розташовано флюс.

Товщина наплавленого шару металу під час наплавлення на 10-15% відсотків більша за діаметр дроту. Глибина проварювання металу, практично, може змінюватись від 1,5 до 3,5 діаметрів дроту шляхом зміни величини струму під час зварювання. Швидкість подачі дроту може бути відрегульована у межах 120-620 м/г. Величина струму залежить від швидкості подавання дроту та величини вильоту дроту (табл. 4.6).

При зварюванні використовують дріт Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-12ГС, Св-10ХГ2С, Св-10ГСМТ, Св-18ГСА, ПП-АН4, ПП-АН5, ПП-АН8. Для наплавлення використовують дріт Нп30-ХГСА, ПП-3Х2В8Т, ПП-Х12ВФТ, ПП-30Х10ГТ, ПП-Р18Т. У невідповідальних випадках можна застосовувати високо вуглецевий дріт, наприклад, пружинний. Для поліпшення якості наплавлення використовується попереднє індукційне нагрівання під наплавлення твердим сплавом до 1300<sup>0</sup>С.

Газополум'яне (ацетиленове) наплавлення виконується спеціальними зварювальними пристроями, в яких тепло виділяється під час згорання ацетилену.

Вібродугове наплавлення - автоматичне дугове наплавлення, коли кінець електродного дроту коливається, електричний ланцюг замикається. Перенесення металу в режимі короткого замикання полегшує формування спрямовуючого валика. Зварювальний дріт подається роликками механізму подавання. Мундштук із соплом подавання охолоджуючої води встановлені на коливальнику, який має привід (механічний кулачковий, ексцентрикний, електромагнітний). Ефект коливання мундштука полягає в тому, що температура в зоні наплавлення періодично піднімається до температури плавлення металу (1450-1500<sup>0</sup>С). Це не тільки пом'якшує тепловий режим наплавлення, але й попереджає витиснення компонентів металу (температура дуги зменшується з 6000 до 4000 градусів). Азот при такій температурі не дисоціює та залишається хімічно нейтральним до заліза. Таким чином забезпечується якість наплавки без додаткових захисних заходів (застосування газу, флюсів).

Подавання у зону наплавлення охолоджуючої рідини (2,5 % розчин кальцінованої соди або 20% розчин гліцерину в воді) утворюють паровий захист розплавленого металу від азоту повітря, що сприяє отриманню валика з кращими механічними властивостями. Акумуляція тепла електродом і швидке охолодження малих порцій у поверхневому шарі забезпечу-



ють можливість наплавлення вібро- дуговим способом малогабаритних циліндричних деталей (діаметром 3 - 200 мм).

Вібродугове наплавлення надає можливості отримати рівномірний шар завтовшки від декількох сотих міліметра до 3 мм за один прохід. ВДН відновлює сталеві й чавунні деталі.

Наплавлена низько вуглецевим дротом СВ-08 поверхня легко обробляється різцем. Для отримання зносостійких поверхонь застосовують дрот марки Нп-50Г, Нп-15Г, Нп-30ХГСА, Нп-40Х13. Процес наплавлення проводять змінним струмом зворотної полярності на режимах наведених у таблиці.

Недоліки ВДН - не забезпечується змішування основного та наплавленого металу (з'являються пори та мікро тріщини), закалювання водою наплавленого валика призводить до виникнення напруженого стану, тріщин, неоднорідна структура наплавленого шару металу зменшує більш ніж у двічі міцність на втомленість. Продуктивність ВДН значно менша ніж наплавлення під шаром шлаку. Витрати дроту в 3-4 рази вищі. Таким чином ВДН для відновлювання застосовується рідко.

Процес електроконтактного приварювання металевих шару (ЕКП) значно ефективніший за інші способи наплавлення. Переваги ЕКП - відсутність перегріву деталей; продуктивність процесу вдвічі вища; паралельно з приварюванням загартовується нанесений шар; відсутність випалювання легуючих домішок; покращання санітарно-гігієнічних умов праці; можливість точного регулювання товщини наплавленого шару від 0,1 до 1,5 мм, що зменшує припуск на механічну обробку, покращує умови праці. ЕКП - одна з кращих маловідомих технологій відновлювання.

ЕКП - процес приварювання потужними імпульсами струму до зношеної поверхні деталі стрічок, дроту або порохоподібних матеріалів. У зварювальній точці під дією імпульсу струму (на протязі 0,02-0,16 с подається струм 4 - 30 кА) за рахунок електричного опору плавиться основний метал та присадковий матеріал. При дії зовнішнього стискання оплавлені матеріали застигають. Ланцюг зварених точок, що перекривають одна одну в рядах та поміж рядами забезпечує приварювання дроту чи стрічки до деталі. При цьому метал стрічки плавиться тільки в тонкому поверхневому шарі в місці її контакту з деталлю.

Устаткування для електроконтактного приварювання. Випускається серійно - головки для наплавлення, на токарному верстаті або спеціалізовані з уніфікованими вузлами: приводи подавання, супорти зі зварювальною головкою, пости керування, джерела живлення, привід механізму стискання.

Зварювальні головки типу ГКН -Р1 призначені для електроконтактного приварювання дроту. До комплекту входить джерело живлення (трансформатор потужністю 75 кВт ) та блок регулювання імпульсів струму та пауз. В якості привиду для обертання використовують токарний верстат. Головка має кронштейни і закріплені на них ресори зі зва-

ривальними роликами. На опорі змонтовано привід пересування кронштейнів, який забезпечує необхідне зусилля притискання роликів. Присадковий дріт зварювальним роликом до поверхні, що зварюють подається крізь мунштук. Направляюча головка забезпечує відновлювання зовнішніх поверхонь та різі.

Для відновлення поверхонь обертання може бути застосований метод наплавлення тертям. Суть методу полягає у розплавленні присадкового матеріалу теплом, що виділяється під час тертя та приварюванні його до поверхні деталі, що підлягає відновленню. Індукційне наплавлення - це безконтактне нагрівання електромагнітним полем. Індуктор - кільце або спіраль мідної трубки, що охолоджується водою, по якій проходить струм високої частоти. Підготовлені до наплавки деталі розташовують у зоні дії індуктора. Змінне магнітне поле наводить ЕРС та струм Фуко, що нагріває деталь до заданої температури. Вихровий струм по перерізу провідника розподіляється нерівномірно: його щільність зменшується від поверхні до центру (електромагнітна хвиля в металі згасає). Поверхневий ефект буде тем яскравішим, чим більший розмір деталі та сила струму.

На нагрівання матеріалу впливають його фізичні властивості - магнітну проникність та питомий опір. В залежності від магнітної проникності матеріал поділяють на парамагнетичні, діамагнетичні, феромагнетики. Магнітна проникність феромагнетиків суттєво залежить від температури.

При досягненні деякого рівня температури (для вуглецевих сталей 1033-1056К) магнітна проникність падає до одиниці. Глибина появи струму зростає (до 10 разів). Однаковий напрямок струму забезпечує найвищу щільність струму на зовнішніх поверхнях, зустрічне - на внутрішніх. Кількість енергії на здійснення процесу залежить від інтенсивності тепловідділення та втрат тепла.

Високочастотна установка складається з високочастотного генератора, індуктора, конденсаторної батареї, трансформатора, контактора для вмикання та вимикання струму навантаження, системи охолодження, вимірювальних приладів (А, В, W).

Деталь розташовують всередині індуктора або коло нього. Змінне магнітне поле індуктора індукує струм в деталі, забезпечує її нагрівання.

Найбільш широкого вжитку набули машинні і лампові перетворювачі частоти. Машинний перетворювач складається з генератора середньої частоти, трьох фазового двигуна. Основна перевага машинного перетворювача - простота конструкції, висока надійність, простота обслуговування, порівняно низька вартість.

Статичний перетворювач частоти використовують в умовах із частотою 200-300 Гц. Він працює в вентилях, що керуються (тиратронах, екситронах, тиристорах). Повна схема перетворювача має вирівнювач, перетворювач (інвертор), ланцюг контролю та керування. Більш високий ККД статичного перетворювача у порівнянні з машинним перетворювачем зумовлено малим падінням напруги на вентилях, відсутністю великих мас,

що обертаються. Лампові перетворювачі більше використовують для індуктивного наплавлення. Такі генератори перетворюють струм частотою 50 Гц у високочастотний (до сотень мегагерц). Перетворення виконується двічі. Спочатку струм випрямляють, а потім перетворюють у струм високої частоти. Генератор складається з вирівнювача з трансформатором, генераторної лампи і коливального контуру. Високочастотні пристрої, обладнані захисними пристроями для захисту обслуговуючого персоналу від випромінювання. Індуктори слугують для нагрівання деталі та можуть мати один або багато витків. Від конструкції індуктора залежать переваги й недоліки пристрою з індуктивним нагріванням. Індуктивне наплавлення найефективніше в умовах масового виробництва при високому рівні автоматизації. Для забезпечення високого ККД та  $\cos\varphi$  зазор між індуктором та нагрівачем повинен бути мінімальним.

Розроблено покриття індуктора окисом Al, що дозволяє зменшити зазор, підвищити ККД, скоротити довжину головок. Струмopовідний елемент індуктора виробляють з міді M1. Струм в індукторі проходить тільки в поверхневому шарові. Чим вище частота, тим менша товщина шару в якому проходить струм. Тому тільки цей шар виготовляють із чистої міді. Решту з будь якого немагнітного матеріалу. За конструкцією індуктори поділяють на кільцеві і петльові, роз'ємні й нероз'ємні, для нагрівання зовнішніх та внутрішніх поверхонь. Знаходять застосування індуктори з магнітоводом при закалюванні внутрішніх та плоских поверхонь, де потребується різний рівень нагрівання. Магнітогін виготовляють із пластінок трансформаторної сталі або феріта. В більшості випадків для запобігання перегріву індуктори примусово охолоджують. Наплавлення СВЧ робиться такими способами: наплавлення з порошкоподібною шихтою, із монолітним або брикетованим матеріалом, в огнетривкому середовищі, відцентровим, рідким сплавом.

Застосовують наплавлення з використанням порошкоподібної шихти з гранульованого сплаву й флюсу. Шихту наносять на поверхню виробу. Виріб розташовують в індукторі СВЧ відповідної форми. Після підведення струму в порожнечі індуктора виникає змінне магнітне поле. В виробі наводиться струм. Виріб нагрівається. Основна кількість тепла виділяється в тонких поверхневих шарах металу виробу. Шихта нагрівається від металу. Спочатку плавиться флюс, що покращує теплопередачу в шихту та прискорює плавлення гранул присадкового матеріалу. Розплавлені гранули утворюють рідкий шар присадкового матеріалу під шаром шлаку.

Для наплавлення використовують флюси з трьох основних елементів: бури (нітроборат натрію  $N_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ), борний ангідрид і сілікокальцій (високоактивний розкислювач). Флюси можуть бути у вигляді суміші та плавлені (бажано). В якості матеріалу для наплавлення використовують металевий порошок із температурою плавлення нижчою, не менш ніж на  $100^{\circ}C$  температури плавлення основного матеріалу. Зносостійкість

сплаву залежить від твердих складових у структурі сплаву. Застосовують два різних способи: зміни хімічного складу або введення до шихти важкорозчинних домішків, утворюючих, в наслідок взаємодії в шихті, псевдосплаву з легкоплавкою складовою, наприклад:

Сормайт+ перліт - ПС3

Сормайт+ ферохром - ПС4

Білий чавун+ ферохром - ПС6.

Наплавлення монолітним або брикетованим матеріалом

Матеріал наносять на поверхню, що підлягає зміцненню. При чому форма й розміри відповідають необхідному наплавленому шарові. Цей спосіб уперше був використано англійською фірмою Austi motor Co Ltd для відновлювання та зміцнення. В якості присадкового матеріалу застосували литі кільця зі стеліту (сплав на кобальтовій основі з хромом, вольфрамом, кремнієм та ін.). Технологія включає наступні операції: проточування канавок у які укладають кільця стеліту.

Клапан закріплюють за стрижень вертикальному положенні. Під кільце наносять флюс, виконують двоступеневе нагрівання основного та присадкового матеріалів. Розплавляють флюс та присадковий матеріал. Рідкий флюс очищає поверхню, що наплавляють від окислів. Розплав стеліту зварюється з основним матеріалом.

За допомогою кристалізатора, що обертається та спеціальної камери кристалізують наплавлений шар та охолоджують деталь.

Наплавлення у вогнетривкому середовищі дозволяє відновлювати циліндричні, конічні та інші робочі поверхні. Спосіб розглянемо на прикладі наплавлення цапфи вала. На поверхню, що наплавляють наносять шар присадкового матеріалу потрібної форми та розмірів (установкою монолітних або брикетованих втулок, заливанням рідкого металу та інше). Вогнетривку оболонку наносять на зовнішню поверхню присадкового та основного металу зануренням. Суміш складається з дрібнозернистого наповнювача та матеріалу, що зв'язує (кварц, пісок, магнезит та ін., термоактивна смола, наприклад, формальдегідна з уротропіном).

Підготовлену деталь поміщають в індуктор. Нагрівають до плавлення присадкового та частково основного металу під оболонкою. електромагнітне перемішування усереднює метал. Оскільки оболонка захищає рідкий метал від впливу атмосфери, отримують високу якість наплавлення. Оболонку легко видалити. Спосіб застосовується для зубчатих вінців і валів.

Відцентрове наплавлення використовують для зміцнення внутрішніх циліндричних поверхонь. Її особливість - примусове формування розплаву відцентровими силами. Виділяють два різновиди. В одному метал подають на поверхню, що наплавляють у твердому стані. У другому - розплавленим. В першому випадку порцію матеріалу разом з флюсом спрямовують в порожнечу втулки, розташованої у циліндричному індукторі СВЧ. За-

готовка втулок перед плавкою за- кривають з обох сторін кришками. Для нагрівання використовують струм частотою 2500...8000 Гц (більша глибина прогрівання) від генератора. Наплавлення свинцевої бронзи БрС70 на втулки та вкладиші підшипників ковзання виконується наступним чином. Матеріал у вигляді стружки бронзи змішують із флюсом (1% бури) та спрямовують у втулку. Втулку обертають із лінійною швидкістю 3,33...4,16 м/с при температурі 1120..1150<sup>0</sup>С на протязі 28..30 секунд при товщині бронзи 3,5...4 мм. За другим варіантом наплавлення матеріал подається розплавленим.

Наплавлення СВЧ заливкою рідким матеріалом на попередньо нагріту поверхню. Поверхню очищають від окислів, вкривають флюсом. Деталь нагрівають до 1050...1200<sup>0</sup>С, подають на неї розплавлений присадковий сплав. Проходить сплавлення. Присадковий низьколегований метал - у вигляді мірної заготовки через завантажувальний пристрій подають в тигель, розташований в індукторі. Після розплавлення порція матеріалу через отвір у тиглі у виточку в штовхачі подається на поверхню деталі та приварюється до неї.

#### 11.2.5 Напилювання

Плазмове напилювання. Для розплавлення та переносу порошку на поверхню деталі, що відновлюють використовують теплові та динамічні властивості плазми. Плазма - потік іонізованого газу при температурі (15000-30000<sup>0</sup>С). Газ в зоні горіння дуги іонізується, під дією високої температури, підвищеного тиску термоемісії електродів з поверхні катоду. Плазма має низький електричний опір, тому при низькій напрузі проходить великий струм. Магнітні силові лінії стискають плазму. Швидкість плазми сягає 9000 м/с для порівняння у газозварювальному апараті 90 м/с). Газ утворюючий плазму без кисню, дозволяє отримати безокисне покриття. Підпалюють дугу в плазмотроні осцилятором або замиканням графітовим стрижнем при одночасовому підведенні газу утворюючого плазму, а після утворення плазми - 9 порошок для напилювання.

Схема устрою показана на рис 4.1. Можливі три різновиди плазмової дуги: відкрита (анодом слугує деталь), закрита (анодом слугує сопло), комбінована (сопло - деталь). а - для різання, б - для напилювання, в - для оплавлення та наплавлення. Працює пристрій наступним чином. Вольфрамовий електрод 1 використовують у якості катода. Електрична дуга палає в каналі 3 фурми, що охолоджують водою 4. Через фурму пропускають газ, який переходить у стан плазми 6, що нагріває деталь 7.

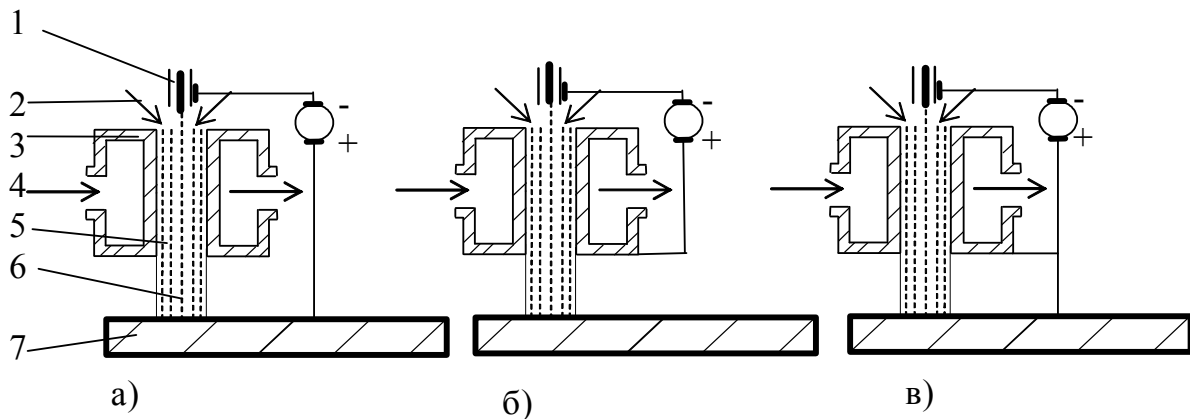


Рисунок 4.1 – Схема пристрою для отримання плазмового струменя

До комплекту устаткування загалом входить: захисна камера, плазмотрон, порошковий дозатор, джерело струму, пульт керування. Термін роботи, стабільність роботи плазмотрона визначається стійкістю сопла. Елементи, що швидко зношуються роблять змінними. Промисловість випускає пристрої плазмового напилювання.

Поширені пристрої УМП-5 та УМП-6.

Аргон - дорогий, має коротке полум'я плазми та не забезпечує достатню ефективність. Застосування повітря дозволяє підвищити стабільність процесу та забезпечує якісне покриття.

Детонаційне напилювання. Нагрівання та транспортування порошку в цьому способі супроводжується енергією детонації газової суміші. В камеру подають газову суміш, найчастіше киснево-ацетиленову. В суміжну зону з азотом подають порошок, електричною іскрою (від свічки) викликають вибух суміші. Виділяється тепло та утворюється вибухова хвиля. Швидкість часток порошку сягає 800 м/с на відстані 75 мм від ствола. Тут вони співударяються з поверхнею та кінетична енергія перетворюється в теплову. Температура зростає до 400<sup>0</sup> С.

За один постріл наноситься покриття до 10 мкм. Швидкість до 10 пострілів за секунду. Можливо наносити покриття товщиною до 2 мм. Соплом діаметром 25 мм на площу 5 кв. см наносять покриття завтовшки до 0,3 мм. Застосовують детонаційне напилювання в основному для нанесення покриттів із карбідів на металевій основі.

Комплект устаткування вклю- чає: пристрій для забезпечення детонації, блок звукоізолювальний, щит газорозподільний, пульт дистанційного напилювання. Недолік - високий рівень шуму, висока вартість пристрою.

Зміцнення конденсацією метала з іонним бомбардуванням. В основу покладено розпилювання речовини за допомогою дуги постійного струму у вакуумі з пропусканням легуючого газу. Частіше іонне напилювання реалізують у тліючому розряді. В якості катоду використовують мішень із розпиленого металу. На нього подають напругу в декілька кіловольт, а утримувач - заземлюють. При наявності іонізуючого газу та високої напруги виникає автоелектронна емісія в міжелектродному просторі самостійно запалюється розряд. Катод при цьому виконує дві функції: випромінювача електродів та джерело розпиленого матеріалу. Він може бути виготовленим з будь якого матеріалу ( частіше вольфрам, титан, ніобій, вуглець). Для отримання з'єднань ( нітридів, карбідів) у камеру пристрою подають легуючий газ. Це дозволяє отримувати покриття з високими фізико-хімічними властивостями ( твердість, зносостійкість). Зносостійкість на основі нітридів титану, молібдену дозволяє отримати зносостійкі шари на інструменті з твердих металів та сплавів.

Прилад складається з циліндричної вакуумної охолоджуваної водою камери з торцевими кришками. Катод з підпалюючим електродом розташовано у верхній частині камери. Він зроблений у вигляді масивного циліндра. В середині камери розташована підставка для деталі, що підлягає ремонту. Камера з'єднана з вакуумною системою.

#### 4.2.6 Гальванічне та хімічне відновлення деталей

Гальванічне та хімічне нарощування матеріалу застосовують задля відновлювання розмірів, підвищення зносостійкості, захисту від корозії, надання естетичного вигляду, кращого припрацювання, захисту матеріалу від навуглецювання під час цементації. Метод має наступні переваги: відсутність нагріву, отримання заданої товщини покриття з високою точністю із заданими властивостями по товщині, мінімальний припуск на обробку, мала собівартість та затрати праці при великих партіях деталей, автоматизація процесу.

Гальванічне і хімічне нарощування матеріал класифікують за призначенням, способом, характером захисту. За призначенням: для компенсації зносу, захисту, спеціальна (надання поверхні твердості, зносостійкості, жаростійкості, діелектричних та інших властивостей). За способом отримання розглядають фізичні, хімічні й електролітичні. За характером захисту металеві покриття поділяють на анодні й катодні. Покриття, що мають відомий потенціал відносно до основного металу називаються анодними. Основний метал захищає тільки анодне покриття. В порах такого покриття при наявності вологи утворюється замкнений гальванічний елемент. Ме-

тал покриття, як анод руйнується, захищаючи основний метал, наприклад, цинк на сталі, алюміній на сталі, нікель на міді, олово на міді. Катодні покриття захищають тільки механічним шляхом, наприклад, мідь і нікель на сталі, золото та срібло на міді. Електролітичне осаджування металу в гальваніці реалізують з електролітів - водних розчинів солей, кислот, лугів. Застосовують розчини солей металів, котрі треба нанести. На анодах протікає процес розчину металу з переходом його у вигляді іонів в електроліт. Процес електролітичного осаджування металів підкоряється законам Фарадея. Перший закон Фарадея визначає кількість речовини, розчиненої на електродах. Вона пропорційна кількості електрики, що пройшла крізь електроліт

$$m=CQ=CI t,$$

де  $C$  - електролітичний еквівалент, г/Аг;  $Q$  - кількість електрики, Аг;  $I$  - сила струму, А;  $t$  - час електролізу, с.

Другий закон Фарадея визначає, що маса виділеної на катод речовини пропорційна хімічним еквівалентам

$$m_1/A_1=m_2/A_2=const.$$

На катоді, окрім осадженого металу, виділяється водень або протікають побічні процеси електрохімічного відновлення, тому кількість виділеної речовини менша, розрахованої згідно закону Фарадея. Для оцінки практично виділеного матеріалу  $m_n$  на катоді до теоретично розрахованої величини  $mt$  застосовують параметр "вихід по струму" - ККД струму в процентах

$$\eta=100m_n/mt=100(m_2-m_1)/CI t,$$

де  $m_1, m_2$  - маса деталі до та після нанесення покриття.

На практиці товщина нанесеного шару на різних ділянках деталі різна - на випуклій більша. Залежить від рівномірності розподілу електричних силових ліній, що спрямовані від анода до катода. Для підвищення рівномірності застосовують додатковий анод або аноди, що копіюють форму катода.

Хромування. Електролітичне покриття утворюється в наслідок проходження двох процесів: утворення центрів кристалізації та їх росту. Від їх співвідношення залежить структура покриття. При переважному рості кристалів покриття отримують із великим зерном. При переважній катодній поляризації покриття з дрібним зерном. Для регуляції електроліту добавляють органічні речовини та ПАР.

На якість покриття впливає покривельна властивість електроліту. Вона покращується із збільшенням концентрації лужних солей в електроліті. Суттєво впливає на якість покриття поляризація електродів, тобто різниця між потенціалами виділення матеріалу на катоді при відсутності струму.

Зовнішній вигляд та механічні властивості електролітичного хрому залежать від умов електролізу, щільності струму. При незмінному складі електроліту, змінюючи щільність струму, отримують три види покриттів: блискучий, молочний, матовий. Блискучий при температурі 56 - 58°C



щільності струму 35-70 А/дм<sup>2</sup>. Його твердість 7500-9000 МПа с сіткою тріщин й високою крихкістю. Застосовують для деталей, що працюють при сухому терті з навантаженням не вище за 25 МПа, із змащенням - 40-55 МПа.

Молошний при температурі 605<sup>0</sup>С та вище, щільності струму 25 - 35 А/дм. Його твердість 2500-7500 МПа з вищою, у порівнянні з блискучою, в'язкістю. Застосовують для нарощування деталей, що працюють із навантаженням 8 - 10 МПа та як антикорозійне покриття.

Матове покриття отримують при температурі 350 – 505<sup>0</sup>С, щільності струму 70 - 100 А/дм<sup>2</sup>. Його твердість 12000 МПа із сіткою тріщин й високою крихкістю, низькою зносостійкістю. Універсальний електроліт складається з хромового ангідриду CrO<sub>3</sub> 250 кг/м<sup>3</sup>, сірчаної кислот H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2,5кг/м<sup>3</sup>. Прилад для хромування має аноди зі свинцю. Процес хромування дає малий вихід по струму 8-28%. 13 -15% - виділяється водень.

Залізнення деталей. Для відновлювання деталей розроблена велика кількість електролітів. Найбільш вживані: хлористі, сірчаноокислі, змішані. До складу першого входить хлористе двохвалентне залізо та сірчана кислота. Вони дозволяють отримувати дрібнозернисті покриття завтовшки до 1,0-1,5 мм із високими механічними властивостями, близькими до стійкості загартованої сталі. Властивість покриття залежить від проходження процесу, складу електроліту. Хлорне залізо 200-250 кг/м<sup>3</sup>, соляна кислота 2 – 3 кг/м<sup>3</sup>. Залізнення проводять при постійному струмові, температурі 69 – 70<sup>0</sup>С, кислотності рН, щільності струму до 40 А/дм<sup>2</sup>, швидкості осаджування 6,5 мкм/мм.

Перспективним та ефективним вважається застосування гальванічного холодного залізнення при нестационарному електричному режимі. Його переваги: висока універсальність (отримання покриття різної твердості без зміни температури та складу електроліту, спрощення конструкції ванни, кращі умови праці, менша вартість). При залізненні із застосуванням нестационарних режимів імпульс анодного струму покращує якість покриття, очищує від включень. Зменшення поляризації електродів дозволяє підвищити щільність струму та підвищити продуктивність процесу. Симетричний змінний струм покращує зчеплення покриття з основним металом. Спочатку осаджують шар із підвищеною твердістю. Потім твердість поступово зменшують, підвищуючи катодно-анодне співвідношення. Коефіцієнт асиметрії впливає на структуру покриття. При коефіцієнті асиметрії 2 осадок має дрібніші зерна. При коефіцієнті асиметрії 4 осадок має дрібніші зерна з невеликою кількістю мікротріщин, твердість підвищується. При коефіцієнті асиметрії 6 кількість тріщин зростає, підвищується твердість. При коефіцієнті асиметрії 8 -12 осадок має дуже дрібні зерна з великою кількістю мікротріщин, твердість сягає 5880 - 6000 МПа. Чинником, що впливає на твердість та зносостійкість є вплив катодної щільності струму, склад електроліту при асиметричному струмі : хлорне залізо 400 кг/м, соляна кислота 2 - 3, температура 20<sup>0</sup>С, щільність струму

## Тема 12. МЕТОДИ ТА СПОСОБИ ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ДЕТАЛЕЙ ТА ВУЗЛІВ

### 12.1 Ремонт обладнання

#### 12.1 Розрахунок потреби в запасних частинах

Визначити оптимальний набір запчастин для машини, що має  $N$  типів деталей, що замінюють (валів, підшипників...). Кожен –  $i$  – тий тип має  $n_i$  однакових елементів з імовірністю відмови  $Q_i$ , що призводять до відмови машини в міжремонтний період  $T$ . Вартість кожного елемента  $c_i$ .

Імовірність  $m_i$  відмови  $i$ -того елемента в міжремонтний період на основі біноміального закону розподілу  $P(T) = C_{n_i}^{m_i} Q_i^{m_i} (1 - Q_i)^{n_i - m_i}$ .

$$\text{де } C_{n_i}^{m_i} = \frac{n_i!}{m_i!(n_i - m_i)!}.$$

Потреба у запчастинах  $i$  - того типу буде виконана за умови коли  $m_i \leq m_{zi}$

Імовірність виконання умови

$$P(m_i \leq m_{zi}) = \sum_{m_i=0}^{m_{zi}} C_{n_i}^{m_i} Q_i^{m_i} (1 - Q_i)^{n_i - m_i}.$$

Потреба у запчастинах загалом буде виконана за умови коли

$$P[N(m_i \leq m_{zi})] = \prod_{i=1}^N \sum_{m_i=0}^{m_{zi}} C_{n_i}^{m_i} Q_i^{m_i} (1 - Q_i)^{n_i - m_i} \geq v.$$

Для машин та агрегатів, що безпосередньо беруть участь у технологічному процесові приймають  $v=0,9$ , для допоміжного обладнання  $v=0,8-0,7$ . Вартість запчастин становить

$$C_c = \sum_{i=1}^N m_i c_i.$$

Оптимальний набір запчастин знаходять методом побудови домінуючої послідовності. В якості початкового наближення приймаємо варіант відсутності запчастин  $m_c=(0,0,0\dots)$ . Достатність забезпечення запчастинами

$$P_i[N(m_i = 0)] = \prod_{i=1}^N \sum_{m_i=0}^0 C_{n_i}^{m_i} Q_i^{m_i} (1 - Q_i)^{n_i} = \prod_{i=1}^N (1 - Q_i)^{n_i} \geq v.$$

Коли умова рівня забезпеченості запчастинами не виконується, то вважають, що склад запчастин має один  $i$ -тий елемент. Відносно зростання рівня забезпеченості з урахуванням собівартості становить

$$\eta_{1i} = \frac{1}{c_i} \frac{P(m_i \leq 1) - P(m_i = 0)}{P(m_i = 0)} = \frac{1}{c_i} \left[ \frac{P(m_i \leq 1)}{P(m_i = 0)} - 1 \right].$$

З умови найменшої вартості приймають варіант, що забезпечує максимальне зростання рівня забезпеченості. Далі переходять до нового кроку, додавши ще одну запчастину. Розрахунки проводять до досягнення достатнього рівня забезпеченості.

*Приклад.* Розрахувати потрібну кількість запчастин для машини з чотирма типами деталей  $N=4$  в кількості: підшипники кочення  $n_1=4$ , зубчасті колеса  $n_2=2$ , вали  $n_3=2$ , муфти з'єднання  $n_4=2$ ). Вартість кожного елемента  $c_1=20$ ,  $c_2=100$ ,  $c_3=50$ ,  $c_4=200$  грн. Імовірність відмов  $Q_1=0,1$ ,  $Q_2=0,02$ ,  $Q_3=0,05$ ,  $Q_4=0,2$ . Прийнятий достатній рівень забезпеченості запчастинами  $v=0,5$ .

*Розв'язок.* Задачу будемо розв'язувати методом побудови домінуючої послідовності. На першому кроці будемо вважати, що запасні частини відсутні, тобто  $m_{ci} = 0$ . З (4.2) знаходимо ймовірність виконання умови  $m_i \leq 0$

$$P(m_i \leq 0) = \sum_{m_i=0}^0 C_{n_i}^{m_i} Q_i^{m_i} (1 - Q_i)^{n_i - m_i}.$$

При цьому врахуємо, що  $C_{n_i}^0 = 1$ ,  $Q_i^0 = 1$ . Тому залежність буде мати вигляд

$$P(m_i = 0) = (1 - Q_i)^{n_i}.$$

Звідки для усіх типів деталей

$$P(m_1 = 0) = (1 - Q_1)^{n_1} = (1 - 0,1)^4 = 0,6561;$$

$$P(m_2 = 0) = (1 - Q_2)^{n_2} = 0,96;$$

$$P(m_3 = 0) = (1 - Q_3)^{n_3} = 0,9025;$$

$$P(m_4 = 0) = (1 - Q_4)^{n_4} = 0,64.$$

Відповідно рівень забезпеченості запчастинами машини з залежності для початкового наближення коли взагалі запасні частини відсутні (4.5)

$$P_i[N(m_i = 0)] = \prod_{i=1}^N (1 - Q_i)^{n_i} = 0,6561 \times 0,96 \times 0,9025 \times 0,64 = 0,364 \leq 0,5.$$

Зростання рівня забезпеченості для кожного варіанта у разі наявності усього однієї запчастини з чотирьох типів ( $m_{ci} = 1$ ) згідно формули (4.2)

$$P(m_1 \leq 1) = \sum_{m_i=0}^{m_{c1}} C_{n_1}^{m_1} Q_1^{m_1} (1 - Q_1)^{n_1 - m_1} =$$

$$= C_{n_1}^0 Q_1^0 (1 - Q_1)^{n_1} + C_{n_1}^1 Q_1^1 (1 - Q_1)^{n_1 - 1} = 0,6561 + 4 \cdot 0,1 \cdot 0,729 = 0,9477.$$

Аналогічно для інших деталей знаходимо

$$P(m_2 \leq 1) = 0,999; P(m_3 \leq 1) = 0,9975; P(m_4 \leq 1) = 0,96.$$

Відносне зростання рівня забезпеченості запчастинами у разі наявності усього однієї запчастини з чотирьох типів з урахуванням собівартості

$$\eta_{11} = \frac{1}{c_1} \left[ \frac{P(m_1 \leq 1)}{P(m_1 = 0)} - 1 \right] = \frac{1}{20} \left[ \frac{0,9477}{0,6561} - 1 \right] = 0,0222;$$

$$\eta_{12} = 0,0004; \quad \eta_{13} = 0,0021; \quad \eta_{14} = 0,0025.$$

Максимальне зростання рівня забезпеченості забезпечує перша деталь - підшипник. Тому після першого кроку, який передбачає наявність однієї запасної деталі першого типу (одного запасного підшипника) маємо рівень забезпеченості запчастинами машини

$$P[4(m_i \leq 1)] = 0,9477(1 - 0,02)^2 (1 - 0,05)^2 (1 - 0,2)^2 = 0,525 \leq 0,5.$$

Оскільки умова виконується остаточно приймаємо, що для забезпечення запчастинами на рівні не меншим за 0,5 треба мати, не менш ніж одну запасну деталь – підшипник.

## 12.2 Вимоги до ремонтних креслень

До ремонтних документів віднесено й ремонтні креслення (ГОСТ 2.604-68). Згідно цього стандарту ремонтні креслення, призначені для ремонту деталей, складальних одиниць, складанню та контролю відремонтованого виробу. Ремонтні креслення складають на виріб незалежно від того чи є в наявності ремонтні креслення на окремі елементи. Вимоги до ремонтних креслень наведені далі.

Згідно стандарту ремонтні документи, віднесені до конструкторської документації. На них поширюються усі вимоги стандарту. Окремо стандартом передбачені особливості ремонтних креслень. Так на ремонтних кресленнях указують ремонтні розміри коли вони не збігаються з проектними та розміри, що будуть виконані в процесі ремонту. На ремонтних кресленнях, за винятком на виготовлення нових деталей, зображають тільки ті вигляди та вказують ті розміри, що треба для проведення ремонту

та контролю, відхилення ставлять тільки у цифровому вигляді ( $\varnothing 18^{+0,018}_0$ ). Поверхні, що повинні оброблятися під час ремонту вказують суцільними

ТОВСТИМИ ЛІНІЯМИ .

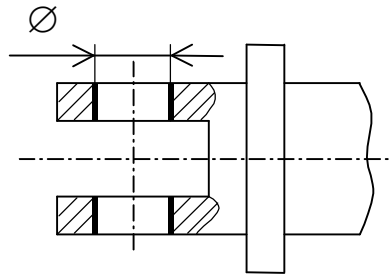


Рисунок 12.1- Зображення поверхні, що підлягає обробці

На ділянці, ремонт якої виконують зварюванням показують підготовлені до зварювання кромки (рис.12.2)), назву матеріалу та стандарт.

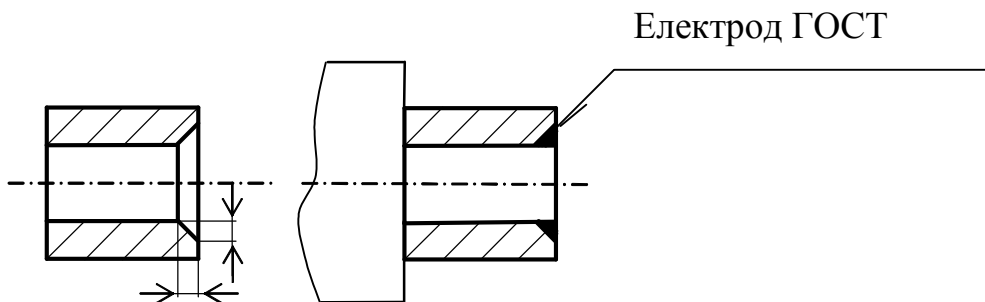


Рисунок 12.2 -Схема підготовленої до зварювання кромки

Коли під час ремонту частину деталі зрізають, то показують штрих пунктирною з двома крапками (рис. 12.3).

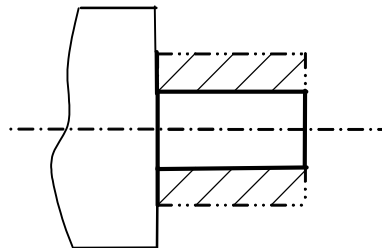
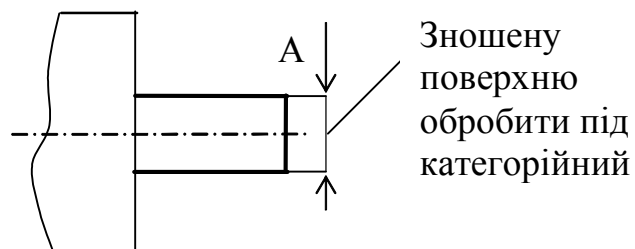


Рисунок 12.3

Для ремонтів деталей можуть бути використані категорійні розміри (рис. 12.4).



Умовне по-значення	Розмір за кресленням	Категорія ремонтного розміру		
		1	2	3

A	$18 \begin{smallmatrix} +0,018 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$17,8 \begin{smallmatrix} +0,018 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$17,6 \begin{smallmatrix} +0,018 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$17,4 \begin{smallmatrix} +0,018 \\ 0 \end{smallmatrix}$
---	--	--	--	--

Рисунок 12.4 – Креслення з категорійними розмірами

Ремонтні документи наділяють літерою “Р”, що додається до позначення креслення. Специфікації допускається виконувати на полі креслення. На ремонтних кресленнях з категорійними розмірами після літери “Р” пишуть цифру, яка відповідає кількості категорій. Наприклад запис “Р3” вказує на те, що ремонтне креслення передбачає три категорійних розміри. На ремонтних кресленнях з розмірами, що мають приганятися на місці після літери “Р” пишуть літеру “П”. На ремонтних кресленнях, за якими треба зробити нові (ремонтні) деталі, після літери “Р” пишуть літеру “Н”, коли декілька то що додають цифру, що дорівнює кількості деталей. Коли нова деталь має приганятися на місці після літер “РН” пишуть літеру “П”. Вказані літери на складальних кресленнях пишуть перед літерами “СБ”. У разі, коли на складальному кресленні показують деталі, що належать іншій складальній одиниці то в позначенні додають ще літеру А, наприклад, “РАСБ”.

### 12.3 Загальна технологія ремонту машин

Загальна схема ремонту машини має наступний вигляд.

- 1) підготовка до ремонту;
- 2) зупинка машини;
- 3) виконання умов техніки безпеки;
- 4) розбирання машини;
- 5) очищення, миття вузлів та деталей;
- 6) контроль стану вузлів та деталей;
- 7) відновлення (краще заміна з наступним відновленням);
- 8) складання машини;
- 9) випробовування;
- 10) фарбування (у разі потреби);
- 11) передача машини в експлуатацію.

#### 12.3.1 Ремонт відцентрових pomp.

Типовий обсяг робіт з технічного обслуговування відцентрових pomp включає контроль за відсутністю сторонніх шумів і стукотів, сильних вібрацій значного підвищення температури.

Поточний ремонт проводять через 700-1000 годин роботи на місці встановлення машини. Під час ремонту розбирають насос, очищають робоче колесо, промивають вузли, перевіряють, регулюють підшипники, міняють окремі деталі.

При виконання середнього ремонту передбачається заміна кілець ущільнень, пере залиття підшипників ковзання, заміна підшипників кочення, перевіряють стан фундаменту.

Капітальний ремонт виконують через 8000-12000 годин роботи. При

такому ремонті, окрім робіт, що виконують при середньому та потоковому ремонті заміняють робоче колесо. Нове колесо попередньо балансують. Виконують ревізію запірної арматури (засувок, клапанів тощо). Деталі, що працюють під тиском підлягають гідравлічному випробуванню.

У помпах найбільш схильні до зносу робочі колеса, що спрямовують апарати, підшипники, ущільнення і шийки валів.

При ремонті очищають, ремонтують, або заміняють зношене робоче колесо, апарат спрямовування, набивають сальники, перевіряють кріплення болтових з'єднань та взаємне розташування вісей валів двигуна й помпи, заміняють мастило.

При капітальному ремонті крім перерахованих вище робіт повністю розбирають насос, заміняють робоче колесо з валом або пошкоджений корпус насоса.

Для запобігання зносу коліс і корпусів насосів, що перекачують речовини з абразивними властивостями (роздроблений шлак, пісок і т. д.), їх облицьовують. Облицьовування кріпиться шурупами. Доцільно робоче колесо наплавляти твердими сплавами. Биття не повинне бути більше 0,2 мм. При битті вище за допустимі колесо шліфують.

Оскільки відцентрові помпи працюють з великою частотою обертання, необхідно проводити статичне балансування робочого колеса і валу в зібраному вигляді.

Недостатньо якісне припасування деталей спряження помпи, значний прогин валу, неправильна установка зазорів біля робочого колеса і підшипників, неврівноваженість мас викликають вібрацію і швидкий знос деталей.

Вал насоса повинен бути суворо горизонтальним, осьовий розгін валу для великих pomp не повинен перевищувати 1 - 1,5 мм, а в помпі з кульковим підшипником 0,1 мм. Для малих pomp осьовий розгін не має перевищувати 0,5- 1,0 мм. Вал повинен легко повертатися від руки.

Для транспортування рідких матеріалів застосовують помпи інших типів: шестерні та ротаційні помпи.

При ремонті шестерених pomp шліфують шийки валів до виведення дефектів, а при значному зносі вали замінюються новими. Замість зношених втулок в кришки запресовують нові. В нових втулках повинні бути зроблені канавки для змащування.

Якщо зуби шестерень не мають помітного зносу, то достатньо їх пошліфувати або пришабрити з торця і по зовнішньому діаметру до видалення слідів зносу. Шестерні зі зношеними зубами заміняють новими. Практика експлуатації шестерених pomp показує, що їх незадовільна робота пояснюється частіше за все великими зазорами по зовнішньому колу зубів і з торців. Насоси добре працюють при зазорах (по колу і з торця) 0,01-0,03 мм; при зазорах, що перевищують 0,07-0,1 мм, робота pomp помітно погіршується навіть при перекачуванні густих і в'язких рідин. Кришки до кор-

пусу насоса слід кріпити із застосуванням паперових прокладок.

У водокільцевих помпах більш за інші деталі зношуються лобовини, кришки, сальники, підшипники і шийки валів. Може відбуватися ослаблення кріплення ротора на валу, знос роторів і внутрішньої поверхні циліндрів. При ремонті необхідно перевірити і встановити суворо горизонтально вал, звести до мінімуму опір всмоктуванню і нагнітання, оскільки наявність його різко знижує продуктивність помпи. Треба пришабрити лобовини ротора і кришки. Зазор між ротором і кришкою не повинен перевищувати 0,25 мм.

Ротор помпи необхідно збалансувати. За можливості доцільно проводити динамічне балансування. Під час складання перевіряють осьовий розгін ротора, який не повинен бути більше 0,1-0,2 мм. Вал помпи центрують з валом електродвигуна. Великий вплив на витрату потужності і продуктивності надає рівень води в помпі, який повинен бути на 100-150 мм нижче осі ротора помпи.

### 12.3.2 Ремонт вентиляторів і димовсмоктувачів.

У вентиляторах і димовсмоктувачах понад усе зношуються лопатки ротора, кожухи, підшипники і шийки валів. Знос лопаток викликає втрату рівноваги ротора і вібрацію, яка дуже часто приводить до руйнування фундаменту. Вібрація можлива й за відсутності взаємного центрування валів вентилятора (димовсмоктувача) і електродвигуна.

При ремонті всі частини очищають від бруду, нагару і іржі. Перевіряють надійність з'єднання маточини і лопаток з диском, кріплення колеса до валу, посадку підшипників на валу, радіальне і осьове биття колеса, яке не повинне перевищувати: для вентилятора до № 5 включно 1,5 мм, для вентилятора зверху № 5 2,0 мм.

Зігнуті лопатки нагрівають автогенним пальником і вирівнюють, при цьому стежать, щоб на лопатках не було тріщин і надривів. Зношені або дефектні лопатки замінюють новими шляхом приварювання їх до диска і вхідного кільця з обох боків. Можна відновлювати зношені лопатки і підвищувати стійкість нових наплавивши твердими сплавами. Виготовляти нові лопатки краще всього шляхом штампування нагрітої до темно-вишневого кольору заготовки.

При значному зносі кожуха з внутрішньої сторони на зношену поверхню накладають сталеві листи завтовшки 6-8 мм, які спарюють між собою і приварюють до бічних стінок електрозварюванням. Пригін листів повинен бути ретельним, поверхня гладкої, без опуклостей, вм'ятин і уступів.

Новий ротор, насаджений на вал, балансують. Балансування старих роторів проводиться після заміни або наплавлення лопаток, а також при вібрації, що перевищує 0,10 мм.

При збірці вентиляторів звертають увагу на пристрій, що запобігає



засмоктуванню масла з підшипників, що знаходяться близько до отворів всмоктування.

Звертають особливу увагу на правильність складання вузлів вентилятора, перевіряють осьові, стельові і бічні зазори в підшипниках, затягування болтів підшипників, фундаментних болтів.

### 12.3.3 Ремонт машин неперервного транспорту

В промисловості застосовуються різні машин неперервного транспорту. Розглянемо особливості ремонту основних таких машин.

Стрічковий конвеєр. У стрічкових конвеєрах найбільш схильні до зносу - прогумована стрічка, підшипники, шийки валів і осей, шестерні приводу. Пошкодження стрічки - обриви, розшарування гумового обкладання і інші - ремонтуються на місці шляхом склеювання. Склеювання рекомендується проводити за допомогою вулканізатора. Такий спосіб ремонту, як показав досвід, значно підвищує термін служби прогумованих стрічок.

Для склеювання кінці стрічки на довжині, рівній полуторній ширині, ділять на рівні частини по числу прокладок в стрічці і зрізають уступами, доцільно з ухилом до  $18^{\circ}$ . Уступи зачищають дротяною щіткою і промивають чистим бензином (калоша). На поверхню уступів одного кінця стрічки накладають промиту в бензині сиру гуму. Потім накладають кінці стрічки один на інший. Усі ці операції доцільно проводити на нижній плиті переносного вулканізатора. Після завершення складання на стрічку накладають верхню плиту вулканізатора і нагрівають до температури  $140^{\circ}$ . Знімати з вулканізатора доцільно коли стрічка вичахне (через 1,5-2 години).

При ремонті окремих пошкоджених ділянок стрічки пошкоджену частину спочатку зачищають ножом і наждачним папером. Після цього ремонтвану поверхню протирають бензином і сушать, а потім покривають сирого гумою або 3 - 4 рази гумовим клеєм. Підсушують кожний нанесений шар. Після цього здійснюють вулканізацію. Випускаються ремонтні суміші, що наносяться на попередньо оброблену поверхню стрічки і не вимагають вулканізації.

В процесі роботи стрічка витягується, і за час її роботи її доводиться декілька разів укорочувати. З'єднання стрічки слід проводити шляхом склеювання. При цьому міцність склеєного за допомогою вулканізатора стику складає 85-90% щодо міцності цілої стрічки. Можна сполучати кінці стрічок зшиванням.

Під час приймання стрічкового конвеєра після ремонту перевіряють горизонтальність і паралельність барабанів і опорних роликів, міцність жолобів, правильність установки ножів для знімання сировини. Допустимий осьовий розгін барабанів не більше 3,0 мм.

Ремонт конвеєрних стрічок. Найбільш коштовним та найменш надійним з елементів конвеєра є стрічка. Її вартість інколи перевищує 50%

вартості конвеєра. Збільшення терміну експлуатації стрічки дає суттєве зменшення собівартості готової продукції. Ремонт стрічок дозволяє продовжити термін їх використання. Ремонт може бути потоковий (безпосередньо на конвеєрі) та відновлювальний (на спеціалізованих підприємствах). Обидва типи цих ремонтів мають свої переваги та вади, що визначає сфери доцільності їх застосування. Так при пошкодженнях на незначній площі обкладинок стрічки, її бортів чи тягового осердя доцільно, безпосередньо на конвеєрі, виконати поточковий ремонт стрічки. При зносі на великій площі обкладинок або бортів стрічки, при великому поздовжньому розрізі стрічки, при великій кількості пошкоджень тягового осердя доцільно виконати ремонт в умовах спеціального виробництва.

Поточковий ремонт стрічки, у разі локального пошкодження обкладинки, виконують вирізуючи в стрічці поглиблення у вигляді еліптичного конуса з основою, розташованою на найбільш пошкодженій поверхні стрічки. Велика вісь еліптичної основи конуса повинна бути спрямована вздовж осі стрічки. З метою покращення умов склеювання утворену конічну поверхню слід зробити шорсткою.

Безпосередньо ремонт полягає в заповненні утвореної порожнечі сировою гумою, латкою відповідної форми, вирізаною з нової стрічки, гумою або спеціальною пастою. Після вказаної операції, місце ремонту слід прикатати валиком та завулканізувати.

Суттєво полегшується ремонт стрічки з окремими локальними пошкодженнями стрічки в умовах стаціонарного виробництва, коли замінюється обкладинка стрічки, з'являється можливість легкого доступу до пошкоджених тросів та їх частковій заміні.

Грабельний конвеєр. У такому конвеєрі зношуються повзуни, роликки, ланцюги, граблі, пальці, зірочки, деталі приводу конвеєра, підшипники, шийки валів, жолоб і косинці. При ремонті грабельного конвеєра розбирають конвеєр, промивають деталі, міняють зношені, виконують ремонт важкого пристосування, приводу і редуктора.

Граблі до планок кріплять гайкою з контргайкою. Черевики (чавунні або сталеві) у разі зносу понад 1/3 товщину міняють. При зносі зубів зірочки понад 30% первинної товщини її замінюють. В сталевих зірочках напощувати зношені зуби можна шляхом наварювання з подальшою механічною обробкою та припасуванням зубів. Одна з ведених зірочок повинна вільно обертатися на валу – садиться на вал без шпонки. Бічне биття зірочок не повинне перевищувати 3,0 мм, різниця між довжиною планок - не більше 5 мм.

Шнеки. У шнеках найбільшому зносу піддаються жолоб, витки, сполучні муфти, підп'ятники, опорні витки, підшипники, шийки валів, шестерні приводу. Жолоб зношується в результаті абразивної дії матеріалу, що транспортується. При невеликому зносі жолоб ремонтують шляхом приварювання латок; якщо знос значний, жолоб замінюють новим. Якщо зазори між витками шнека і циліндровою частиною жолоба перевищують 10 мм

для бурякових шнеків і більше 6 мм для жомових, витки замінюють новими. Зазор може бути доведений до номінального приварюванням по зовнішній кромці витка накладки. Приварювання в цьому випадку проводиться з обох боків.

При заміні витків вал перевіряють на токарному верстаті, шийки проточують, шліфують, припасовують до них вкладиші. Підшипники зношуються через відсутність мастила або від забруднення. В горизонтальних шнеках місцем найбільшого зносу є підвісні підшипники і шийки валів. Необхідно звертати серйозну увагу на мастило цих місць. Мастило слід подавати таким чином, щоб бруд не міг проникнути в зазор між вкладишем і шийкою валу. Підведення чистої води під невеликим тиском в підшипники шнека оберігає їх від попадання бруду.

Аварії шнеків можуть походити від надмірного завантаження шнека, від попадання в нього сторонніх твердих предметів, внаслідок чого можуть бути обриви болтів, поломка валів, шестерень, робочих витків. Для запобігання аварії привід повинен мати муфту із запобіжними пальцями. Ремонт під'ятника полягає в заміні втулки, для чого розбирають привід, піднімають шнек на 0,5 м. Втулку демонтують знімачем.

У складеному після ремонту шнеці підвісні і кінцеві підшипники повинні бути розташованими на одній прямій, вал не повинен мати вигину. В місцях з'єднання окремих ланок корпусу не повинно бути порогів і уступів.

Норії. В норіях зношуються ланцюги, скоби, зірочки або барабани, шийки валів, вкладиші, ковші, спрямовуючі косинці і планки, деталі натяжного пристосування і приводу. Процес ремонту норії складається з наступних операцій: зняття огорож і щитків, розбирання приводу, барабанів елеватора, натяжного пристосування і храповиків, розбирання ланцюга, очищення станини, деталей, ремонт всіх деталей приводу, перевірка посадок, підгонка і шліфовка натяжного пристрою, огляд і сортування ланцюгів, заміна окремих зношених ланок або окремих деталей ланцюгів, випробування ланцюгів і гаків на розрив, складання, регулювання і перевірка норії в дії.

Знос зірочки або верхнього барабана супроводжується смиканням ланцюга по зірочці або по барабану. Зношені зірочки замінюють, а барабани розточують. Ланцюги норії зношуються в місцях взаємодії з барабаном, або в шарнірах, при цьому крок збільшується, що інколи приводить до обриву ланцюга.

Дуже швидко зношуються отвори в косинцях кишень в місцях, де через них проходять сполучні вали. Це викликає перекіс ємностей, витягання. Ремонт ланцюгів наварюванням не допускається. Знос паралелей не повинен перевищувати 0,1 мм. Шестерні при належному догляді слугують до трьох років. Погнуті ємності вирівнюють, розірвані місця заварюють, а зношені замінюють новими. Лоток для розвантаження розташовується на відстані двох-трьох кишень від осі верхнього барабана. Нижні і верхні ва-

ли повинні бути паралелі. Зірочки (або барабани) повинні бути насажені на вали без перекосів і осі їх повинні збігатися.

#### 12.3.4 Ремонт корпусів машин виготовлених з листового матеріалу

До таких об'єктів віднесемо корпуси машин барабанного типу, трубопроводи великого діаметру, корпуси циклонів, корпуси транспортувальних шнеків, тобто такі вузли, що виготовлені з листового матеріалу. Основним методом відновлення є часткова заміна.

Найскладнішою у реалізації є часткова заміна конструкції, виготовленої з матеріалу. Заміняють частково корпусні деталі коли вони мають частково зруйновані зварювальні шви, пошкодження. Розмітити місце заміни корпуса, що обертається доцільно під час обертання. Для цього треба нанести кільцеву риску. Риски, паралельні осі обертання проводять перпендикулярно до раніше побудованої кільцевої лінії. Коли деталь не обертається за базові поверхні приймають або фланці, або прямолінійні твірні на поверхні. Коли заміні підлягає не кільце, а лише частка то кути заокруглюють за радіусом, що дорівнює 5-10 товщинам листа -  $\delta$  (рис. 12.5). Таке заокруглення, потрібне для зменшення величин коефіцієнтів концентрації напружень. При визначенні розмірів частини, що підлягає заміні доцільно, щоб близько розташований перетин зварювальних швів було видалено.

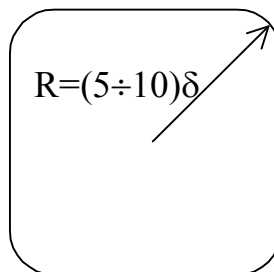


Рисунок 12.5 – Ремонтна деталь

По розміченій частині, що підлягає заміні, доцільно зробити шаблон. У якості ремонтної деталі використовують лист, якому попередньо надана потрібна форма поверхні (форма конуса, циліндра). Розміри листа приймають дещо більшими (на 2-5 розмірів товщини листа металу) за розміри частини, що підлягає заміні. При цьому, коли шаблон робили по зовнішній поверхні, то і розмічати за шаблоном треба по такій же поверхні оскільки довжина внутрішнього кола менша за зовнішнє. Припасування ремонтної деталі до корпуса починають з сторони, що збігається з твірною поверхні корпуса. На рисунку 12.6 прийнято, що верхня сторона паралельна твірній. Бічні сторони – ліву та праву припасовують у послідовності, що показана стрілками.

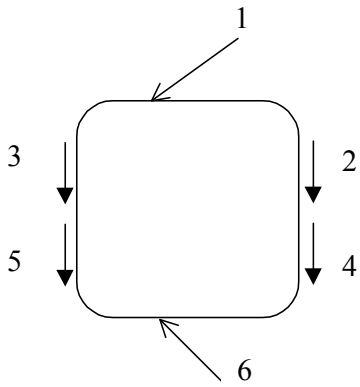


Рисунок 12.6 – Послідовність припасовування ремонтної деталі

У разі заміни (рис. 12.3) обичайки (1) корпусу перед розрізанням корпусу (2) під нього треба підставити додаткові опори (3), а частину, що підлягає видаленню закріпити від можливого падіння, наприклад, застропивши за гак вантажопідіймального механізму.

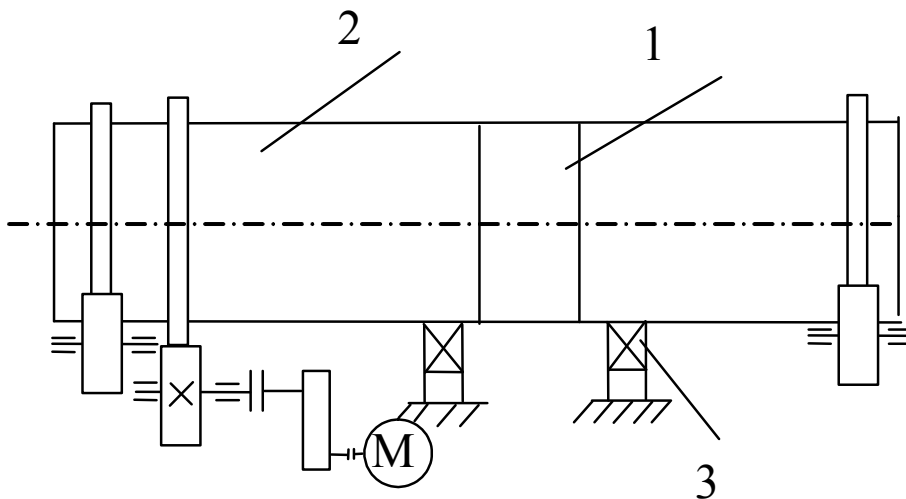
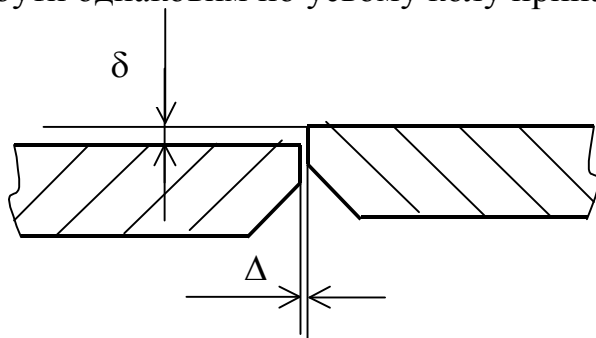


Рисунок 12.7– Схема встановлення тимчасових опор під корпус

Нову обичайку заводять замість старої. Припасування ведуть від однієї точки на колі припасування, без зварювання обичайок. Оптимальний зазор  $\Delta$  поміж обичайками (рис. 12.8) повинен дорівнювати половині діаметра електрода яким будуть варити з'єднання. Коли діаметри обичайок мають дещо різні діаметри, то виступ однієї обичайки  $\delta$  відносно іншої повинен бути однаковим по усьому колу припасування.



Після припасування однієї сторони припасовують іншу. Перед цим корпус стягають. Після припасування контролюють пряmolінійність корпусу – розташування осі нової обичайки відносно обичайок (рис. 12.8). Вказана ось має проходити через центри кіл розташованих в опорних перерізах корпусу машини. На рисунку центри позначені літерами А та В. Відстань поміж опорними перерізами позначено літерою L. Відхилення на величину D має переріз, центр якого розташовано в точці F. Цей переріз розташовано на відстані C від правого краю. Як правило, перерізи максимальних відхилень розташовані в перерізах стикування двох суміжних обичайок. Для усунення такого недоліку в період ремонту треба вирізати два клини від лівої та правої обичайки.

Для визначення форми клинів доцільно скористатися графічним методом. Накреслити зменшене зображення корпусу машини. Методом рисної геометрії побудувати розгортки двох клинів. На рисунку показано побудова клина для правої обичайки довжиною C. Таким саме чином можна побудувати розгортку для лівої обичайки.

Розглянемо побудову розгортки. В перерізі спирання корпусу на опору Побудуємо коло, що відповідає перерізу корпусу. Коло поділимо на 12 (можна на більше) рівних часток. Позначимо точки поділу 1, 2, 3,...7. З побудованих точок проведемо твірні циліндру до перетину в якому розташовано стик обичайок. З отриманих точок проведемо перпендикуляри до твірних. Крайня твірна правої обичайки на кресленні буде перетнута усіма проведеними перпендикулярами. Відстань поміж точкою  $1_0$  та T дорівнює довжині на яку треба скоротити відповідну (першу) твірну на обичайці. Друга твірна на обичайці віддалена від першої (у випадку поділу кола на 12 частин) на  $1/12$  довжини кола утвореного нормальним перерізом. На розгортці ця відстань повинна зберігатися. Тому паралельно твірній барабана на вказаній відстані від відрізка  $1_0 T$  проведемо лінію  $2_0 t$ . Аналогічно побудуємо інші твірні, що пройдуть через точки  $3_0, 4_0, 5_0, 6_0, 7_0$ . отримана плоска фігура і буде розгорткою половини клина, що треба вирізати. Друга половина симетрична побудованій.

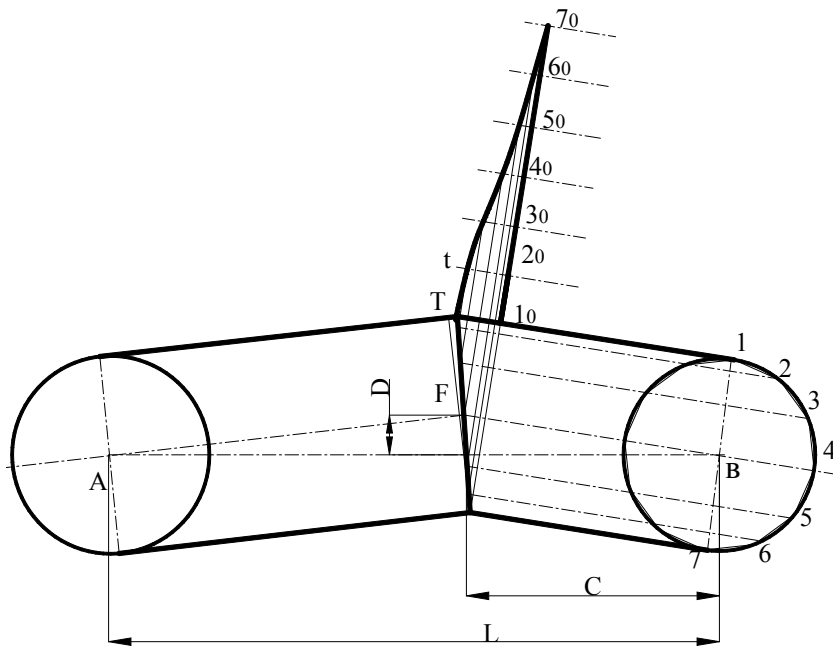


Рисунок 12.9 – Схема викривлення циліндричного корпусу

Контрольні питання до теми 12

1. Основні технологічні операції при ремонті відцентрових pomp
2. Основні технологічні операції при ремонті Вентиляторів
3. Загальні технологічні операції при ремонті машин неперервного транспорту
4. Загальні технологічні операції при ремонті корпусів машин та агрегатів виготовлених з листового матеріалу
5. Загальні засади охорони праці під час виконання ремонтних та монтажних робіт

### **Рекомендована література**

#### **Базова**

1. Білоус О.І., Танцура Г.І., Бельмас О.Л. Гнучкі тягові органи в машинобудуванні. Діагностування ушкоджень. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2015. 120с
2. О.М. Тіхонцов, В.Ю. Солод, О.В. Чернишов. Експлуатація та ремонт технологічного обладнання механічних цехів Кам'янське: ДДТУ МОН України, 2017
3. Желібо Є.П., Анопко Д.В. та ін. Основи технологій виробництва в галузях народного господарства: Навч. посібник К.: Кондор, 2005. – 716с

#### **Допоміжна**

1. Добрик О.В. Підвищення експлуатаційної надійності та довговічності валків обтискних та сортових прокатних станів: монографія - Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2015.- 120 с.
2. Н.П.Алешин, В.Г.Щербинский. Радиационная, ультразвуковая и магнитная дефектоскопия металлоизделий. М. Высшая школа, 1991, 272с.
3. Седуш В.Я. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин. Киев. УМК.130, 1992-376 с.
4. А.Е.Пучкин. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт гидроприводов металлургического оборудования. М: металлургия, 1991-240с.



## Навчальне видання

Конспект лекцій з дисципліни «Монтаж, діагностика та ремонт обладнання» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування за освітньо-професійною програмою «Галузеве машинобудування» / Укл.: Білоус О.І. - Кам'янське: ДДТУ, 2017 р. - 113с.

Укладач: Білоус Олена Іванівна

Підп. до друку \_\_\_\_\_ 2017р.  
Формат \_\_\_\_\_ Обсяг \_\_0,65\_\_\_\_\_ друк. арк.  
Наклад \_\_10\_\_\_\_\_ прим. Замовлення \_\_\_\_\_  
м. Кам'янське, вул. Дніпробудівська, 2.