

Херсонський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії та транспорту

Автоматизації, робототехніки і мехатроніки

—

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему: «Проект механообробної ділянки по виготовленню деталі
«Розподільний вал» з детальною розробкою технології, інструменту та
пристосувань»

Пояснювальна записка

Виконав: студент 4 курсу, групи 4ІМ
Спеціальності 131-Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

Кордис В.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник Сімінченко І.П.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Селівертов І.А.
(прізвище та ініціали)

Хмельницький – 2024

Херсонський національний технічний університет

- Інститут, факультет, відділення інженерії та транспорту
- Кафедра, циклова комісія Автоматизації, робототехніки і мехатроніки
- Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
- Напрямок підготовки _____
- Спеціальність 131- Прикладна механіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової комісії

Д.О. Дмитрієв

« 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Кордис Василь Вікторович

1. Тема проекту «Проект механообробної ділянки по виготовленню деталі «Розподільний вал» з детальною розробкою технології, інструменту та пристосувань ».

Керівник проекту (роботи) Сімінченко Ігор Павлович

(прізвище, ім'я, по батькові наукова ступінь, вчене звання)

Затвердженні наказом вищого навчального закладу від 15.01.2024 року № 16-
с.

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 10.06.2024р.

3. Вихідні дані по проекту (роботи) робоче креслення деталі розподільний вал, технічні вимоги до конструкції деталі розподільний вал, річна програма випуску 1800 шт., типовий технологічний процес, спосіб отримання заготовки, вимоги до матеріалу деталі, наявний верстатний парк механообробного підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз технологічності конструкції деталі, проектування конструкції заготовки, проектування технологічного процесу виготовлення деталі, визначення припусків для технологічних переходів, призначення

режимів різання, нормування технологічних операцій, проектування
верстатного пристрою та нестандартного металорізального інструменту,
компоновка механообробної ділянки цеху.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Аналіз сучасного стану по темі роботи	Сімінченко І.П.	28.02.24	28.02.24
Технологічне забезпечення	Сімінченко І.П.	15.03.24	15.03.24
Конструкторське забезпечення	Сімінченко І.П.	01.04.24	01.04.24
Проектування механообробної ділянки	Сімінченко І.П.	30.04.24	30.04.24
Охорона праці	Кузнєцов С.І	05.04.24	05.04.24

Дата видачі завдання 20.02.24

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної Роботи	Срок виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір і огляд літератури	15.03.24	
2	Технологічний розділ (проектування конструкції заготовки, проектування операційного технологічного процесу, визначення припусків та режимів різання)	01.04.24	
3	Конструкторський розділ (проектування верстатних пристосувань та інструменту)	30.04.24	
4	Розділ організації виробництва та проектування ділянки механообробного цеху	05.06.24	
5	Розділ з охорони праці та безпеки життєдіяльності	05.06.24	
6	Оформлення ПЗ і плакатів	09.06.24	
7	Завершення оформлення проекту	10.06.24	

Студент _____ Кордис В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Сімінченко І.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи бакалавра складається з вступу, _2_ розділів, висновків та додатків, Містить _51_ сторінок тексту, ____8_ рисунків, _7_ таблиць та __5__ використаних джерел інформації.

Ця дипломна робота присвячена проектуванню механообробної дільниці для виготовлення деталі "Розподільний вал", з детальною розробкою технології інструментів та пристосувань. У вступній частині розглянуто важливість валів в промисловості та їхні основні функції, такі як передача руху і потужності, стабілізація руху та редукція швидкості.

Основна частина роботи складається з двох розділів. У першому розділі розглядається історія винаходу розподільного валу, особливості його механічної обробки, включаючи технологічні процеси та вимоги до конструкції. Другий розділ присвячено проектуванню механообробної дільниці, включаючи визначення типу виробництва, кількості обладнання та робочих місць, а також розробку плану розташування обладнання в цеху.

У роботі представлено результати аналізу технологічності конструкції деталі, проектування технологічного процесу її виготовлення, визначення припусків для технологічних операцій, а також розробку нестандартного металорізального інструменту та верстатного пристосування.

Практична значущість роботи полягає в оптимізації процесів виготовлення розподільних валів, що дозволить підвищити ефективність виробництва та якість продукції.

ЗМІСТ

ВСТУП

Теоретичні відомості

РОЗДІЛ 1 – РОЗПОДІЛЬНИЙ ВАЛ

- 1.1. Історія винаходу розподільного валу
- 1.2. Особливості механічної обробки розподільних валів
- 1.3. Конструктивно-технологічні особливості розподільних валів
- 1.4. Характеристика умов роботи і головних процесів зношування агрегату в цілому та окремих його сполучень
- 1.5. Проектування верстатних пристосувань та інструменту

РОЗДІЛ 2- МЕХАНООБРОБНА ДІЛЬНИЦЯ

- 2.1 Встановлення типу виробництва, трудомісткості робіт, кількості металорізального обладнання та площі механічної ділянки
- 2.2 Визначення кількісного складу працюючих за категоріями, кількості робочих місць та площі складальної ділянки
- 2.3 Розрахунок та призначення площ допоміжних відділень механоскладального цеху
- 2.4 Розробка компоувального плану механоскладального цеху

ВСТУП

Вали відіграють важливу роль в промисловості і використовуються в різноманітних механічних системах та машинах для передачі руху, обертання та передачі потужності.



Ось деякі ключові ролі, які вони виконують: **Передача руху:** Вали використовуються для передачі руху від одного механізму до іншого. Наприклад, вони можуть передавати обертання від двигуна до коліс автомобіля, від електродвигуна до верстата або від турбіни до генератора вітрової електростанції

Передача потужності: Вали також відповідають за передачу потужності від джерела енергії до робочих органів машини. Наприклад, вони можуть передавати обертання від двигуна до передачі та інших рухомих частин у транспортних засобах або до інструментів у виробничих верстатах.

Стабілізація руху: Вали також використовуються для стабілізації руху та утримання механізмів у правильному положенні. Вони можуть допомагати у запобіганні відхилень та вібрацій, що можуть спричинити пошкодження машини або негативно позначитися на якості виготовлених деталей

Редукція швидкості та збільшення моменту обертання: Застосовуючи зубчаті механізми або ремені, вали можуть зменшувати швидкість обертання та збільшувати момент обертання для відповідності потребам конкретного механізму чи машини.

Загалом, вали грають ключову роль у функціонуванні різноманітних промислових машин та систем, і без їхньої присутності багато механічних процесів було б значно складніше реалізувати

Розподільний вал використовується в різних типах машин та механізмів, де потрібно регулювати роботу клапанів або інших рухомих частин. Ось основні приклади застосування:

1. **Двигуни внутрішнього згоряння:** У таких двигунах розподільний вал відповідає за відкривання і закривання впускних і випускних клапанів у певні моменти, щоб забезпечити ефективний процес згоряння палива та випуску відпрацьованих газів.



2. **Компресори:** Розподільний вал використовується для керування клапанами, що дозволяє регулювати потік газу або рідини в компресорі.

3. **Сільськогосподарські та будівельні машини:** У різних механізмах, таких як трактори, екскаватори або комбайни, розподільний вал може використовуватися для керування гідравлічними системами або іншими рухомими частинами.

4. **Суднові двигуни:** У великих дизельних двигунах, які використовуються на кораблях, розподільні вали регулюють роботу клапанів для забезпечення оптимального функціонування двигуна.

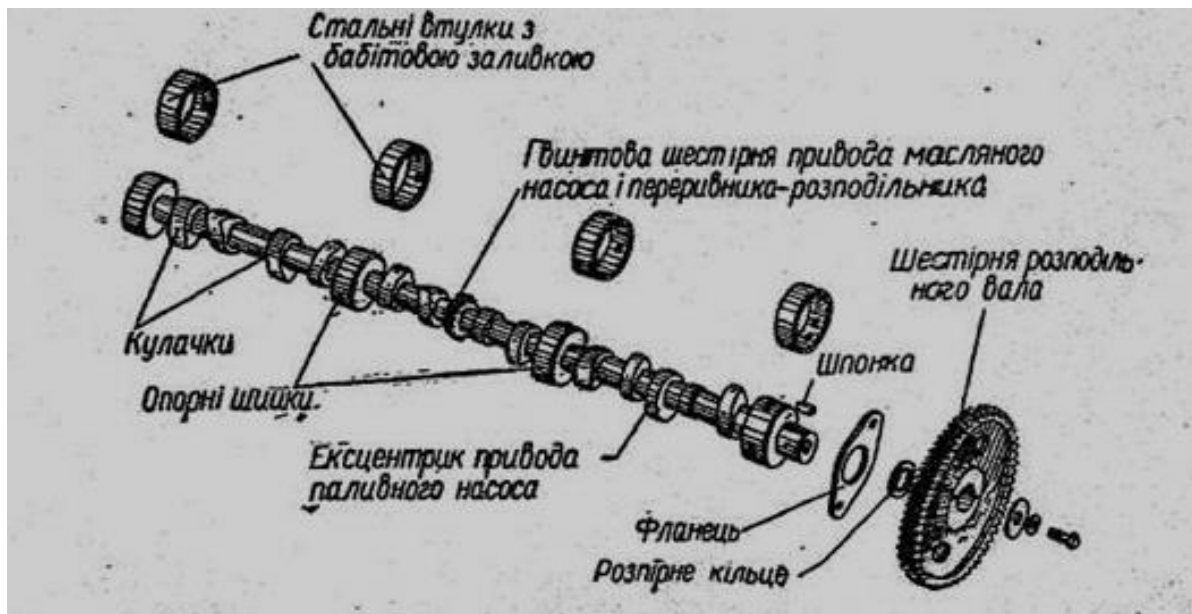
5. Енергетичне обладнання: У генераторах або турбінах розподільний вал може керувати клапанами або іншими механізмами для регулювання потоку робочої рідини або газу. Розподільний вал є ключовим компонентом у багатьох механізмах, де потрібне точне і своєчасне керування рухомими частинами для забезпечення ефективної роботи

Теоретичні відомості

1.1. Історія винаходу розподільного валу

Перші кулачкові вали з'явилися у Стародавній Греції в автоматах, що приводилися в рух потоком води з III ст. до нашої ери. Кулачковий вал пізніше був описаний в Месопотамії Аль-Джазарі у 1206 році. Він використовував його як деталь своїх автоматів, машин з приводом від водяного потоку і водяному годиннику для замкових споруд. Кулачкові вали як складові механізмів і машин з'явилися у середньовічній Європі приблизно з 14 століття. У сучасній техніці кулачкові вали знайшли найбільше застосування у газорозподільних механізмах поршневих двигунів внутрішнього згоряння для своєчасного відкривання і закривання клапанів, за рахунок чого відбувається процес газообміну у двигуні: подавання свіжого повітря та випускання відпрацьованих газів. У цьому випадку їх називають *розподільними валами*. Розміщення кулачків на розподільному валі визначається кількістю та порядком роботи циліндрів і залежить від фаз газорозподілу, схеми механізму газорозподілу та його приводу.

У насосах, зокрема паливних, кулачками кулачкового вала забезпечується робочий хід плунжерів



1.2. Особливості механічної обробки розподільних валів

Механічна обробка розподільних валів автомобільних двигунів затруднена внаслідок їх низької жорсткості. Вони легко прогинаються і закручуються під дією сил різання, особливо при токарній обробці штампованих заготовок, коли видаляють великі припуски, і при шліфуванні валів. Тому при обробці розподільні вали встановлюють у лунети і застосовують токарні напівавтомати з центральними чи двосторонніми приводами заготовок.

При обробці штампованих заготовок валів у більшості випадків, крім обточування шийок і кулачків, доводиться проточувати проміжні шийки між кулачками й опорними шийками.

При обробці литих заготовок валів, отриманих у змішаних формах, токарній обробці піддають опорні шийки, шийку під розподільну шестірню, поверхню ведучої шестерні масляного насоса, торці шийок.

У валів, отриманих литтям в оболонкові форми, внаслідок високої точності цих заготовок, обробка основних поверхонь вала скорочується ще більше: після обробки базових поверхонь безпосередньо шліфують шийки і кулачки.

Поверхнєве гартування шийок і кулачків валів ведеться звичайно на установках СВЧ, які встановлюють у потокових лініях механічної обробки. Характерний план обробки штампованих заготовок валів автомобільних двигунів такий:

- 1) правлення заготовки на пресах;
- 2) фрезерування торців вала і свердління центрувальних отворів з двох сторін;
- 3) правлення з перевіркою в центрах на пресі;
- 4) обточування і шліфування середніх шийок під люнети;
- 5) підрізання торців кулачків і шийок, обточування крайніх шийок і кінців вала;
- 6) правлення вала;
- 7) попереднє шліфування крайніх шийок вала;
- 8) обробка встановлювальної бази для кутового орієнтування вала при обточуванні кулачків (свердління отвору у фланці чи фрезерування шпонкової канавки на передньому кінці вала);
- 9) обточування всіх кулачків і ексцентрика паливного насоса;
- 10) попереднє шліфування всіх кулачків і ексцентрика;
- 11) обробка гвинтових зубів шестерні приводу масляного насоса;
- 12) свердління масляних каналів;

- 13) обробка отворів у торці вала чи у фланці кріплення шестерні;
- 14) фрезерування чи проточування масляних канавок;
- 15) поверхневе гартування і відпускання шийок, кулачків і ексцентрика;
- 16) контроль твердості і правлення вала;
- 17) чистове шліфування шийок, кулачків, ексцентрика і кінців вала;
- 18) полірування шийок і кулачків або полірування кулачків і суперфінішування шийок;
- 19) миття;
- 20) контроль.

1.3.Конструктивно-технологічні особливості розподільних валів

Виготовлення розподільного валу відбувається в кілька етапів, кожен з яких включає специфічні операції для забезпечення високої точності та якості готової деталі. Ось детальний маршрут:

1. Підготовка заготовки

- *Вибір матеріалу:* Найчастіше використовуються сталь, чавун або спеціальні сплави. Залежно від вимог до міцності і зносостійкості обирається відповідний матеріал.

- *Виготовлення заготовки:* Заготовки можуть бути литими, кованими або зробленими з прокату. Лиття або ковка використовується для створення заготовки з запасом матеріалу на подальшу обробку.

2. Попередня механічна обробка

- *Токарна обробка*: Токарним обробленням заготовці надається циліндрична форма. Проводиться обточування посадочних місць для підшипників і кінцевих частин валу.
- *Фрезерування*: Виконується фрезерування для формування початкової форми кулачків і інших елементів.

3. Обробка отворів

- *Свердління*: Отвори для кріплення і системи мастила виготовляються за допомогою свердління.
- *Розгортка і зенкерування*: Для досягнення необхідної точності і чистоти поверхні отворів.

4. Формування кулачків і пазів

- *Груба обробка кулачків*: Фрезеруванням або токарною обробкою формуються кулачки і південні елементи.
- *Токарна обробка пазів*: Створюються пази для фіксації елементів на валу.

5. Термічна обробка

- *Загартування*: Проводиться для підвищення міцності і твердості матеріалу. Загартування може бути локальним або по всій довжині валу.
- *Відпуск і азотування*: Зменшення внутрішніх напружень і покращення зносостійкості поверхні кулачків.

6. Фінішна механічна обробка

- *Шліфування*: Для досягнення необхідної геометрії і точності кулачків, а також інших робочих поверхонь валу

. • *Притирання*: Додає гладкість поверхні і забезпечує мінімальне тертя в процесі роботи.

7. Контроль якості

• *Перевірка розмірів і геометрії*: Контроль точності обробки всіх елементів валу.

• *Контроль твердості*: Вимірювання твердості кулачків і інших критичних зон.

• *Дефектоскопія*: Виявлення внутрішніх і зовнішніх дефектів за допомогою ультразвукової, рентгенівської або магнітної дефектоскопії.

8. Монтаж допоміжних елементів

• *Пресування втулок і підшипників*: Встановлення допоміжних елементів, необхідних для подальшого монтажу вала в двигун.

• *Фіксація кріплень*: Установка кріпильних елементів і штифтів.

9. Заключна обробка

• *Полірування*: Для досягнення високої якості поверхні і зниження тертя.

• *Нанесення захисного покриття*: Для захисту від корозії і зносу.

10. Фінальний контроль якості

• *Контроль геометрії і балансу*: Остання перевірка точності розмірів і балансування валу.

• *Контроль поверхонь*: Візуальний і інструментальний контроль якості оброблених поверхонь.

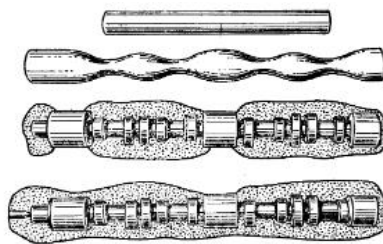
11. Пакування та маркування

- *Пакування:* Виготовлений розподільний вал пакується для захисту від пошкоджень під час транспортування і зберігання.
- *Маркування:* Нанесення ідентифікаційної інформації для забезпечення відстеження і правильного використання деталі. Цей маршрут виготовлення розподільного валу забезпечує отримання високоякісної деталі, готової до використання в складі двигуна.

Розподільні вали виготовляються з вуглецевих сталей 45, 40Г і 50М, мають поширення литі вали зі спеціальних сірих, перлітних, ковких чи модифікованих високоміцних чавунів.

Стальні заготовки для розподільних валів автомобільних двигунів одержують гарячим штампуванням на пароповітряних молотах і штампувальних механічних пресах.

Щоб зменшити відходи при штампуванні і підвищити продуктивність, широко застосовують вихідні заготовки під штампування з попереднім формоутворенням вала



Розподільні вали є основними деталями механізму газорозподілу – вони надають рух штовхачам клапанів, приводять у рух масляний і паливний насоси, а також розподільник запалювання.

У залежності від числа циліндрів двигуна і їхнього розташування, вали відрізняються за довжиною, числом опорних шийок, кількістю кулачків і їхнім розміщенням; при цьому основні елементи валів відрізняються мало. До них відносяться: опорні шийки, кулачки і хвостовик з опорним буртом (чи

фланцем) і шпонковою канавкою під встановлення веденої розподільної шестерні. Розподільні вали карбюраторних двигунів мають кругові ексцентрики для приведення в дію паливної помпи і гвинтову шестерню приводу масляного насоса і розподільника запалювання.

До робочих поверхонь розподільного вала ставлять такі вимоги:

- 1) точність діаметрів опорних шийок - 7 квалітет (допуски 0,012...0,025 мм). Відхилення від циліндричності (овальність, конусність) - 0,08...0,015 мм.
- 2) допуски на діаметр циліндричної частини кулачків - 0,04...0,05 мм. Відхилення радіусів кулачка кривих поверхонь підйому й опускання клапана задаються у межах 0,04...0,20 мм (в залежності від ділянки кривої). Відхилення від заданих кутів взаємного розташування кулачків - не більше $1^{\circ} \dots 1^{\circ}30'$.
- 3) відхилення від співвісності опорних шийок вала - не більше 0,015...0,03 мм на всій довжині вала.
- 4) відхилення від співвісності циліндричних частин кулачків і шийок - не більше 0,025...0,035 мм.
- 5) биття торця фланця під шестерню відносно опорних шийок, виміряне на радіусі до 25 мм, не більше 0,015...0,025 мм.
- 6) шорсткість поверхні опорних шийок – $Rz=0,32$ мкм, поверхні кулачків для чавунних валів - $Rz=0,63$ мкм, для сталевих валів - $Rz=0,63 \dots 0,32$ мкм.
- 7) твердість поверхонь опорних шийок і кулачків у сталевих валів після гартування – $HRC\ 54 \dots 62$. У литих валів з вибіленою при литті поверхнею кулачків твердість повинна бути у межах $HRC\ 52 \dots 58$. Твердість опорних шийок таких валів і поверхні під шестерню - 255...302 HB.
- 8) твердість зубів шестерні литих валах після гартування – $HRC\ 48 \dots 54$.

Методи обробки основних поверхонь

Обробка допоміжних баз. Перед centruванням валів, щоб видалити штампувальні ухили, нерівності та інші дефекти на торцях, виконують фрезерування торців. Цим забезпечується правильна робота центрувальних свердл на початку свердління - торці вала перпендикулярні до напрямку подачі свердла. Після цієї операції довжина вала знаходиться в межах 11...12 квалітетів.

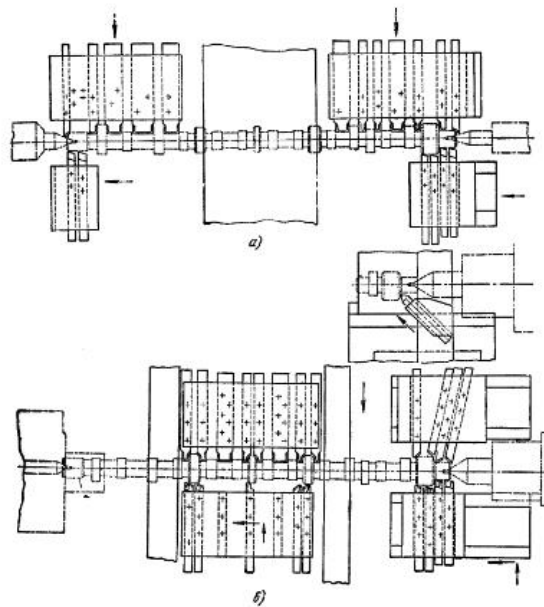
У масовому виробництві для фрезерування торців валів застосовують двосторонні повздовжньо-фрезерні чи барабанно-фрезерні верстати безперервної дії, на яких фрезерують торці з двох сторін вала одночасно. Базують вал по двох крайніх опорних шийках, якими вал встановлюють на дві призми і притискають зверху.

Для centruвання валів широко застосовують двосторонні центрувальні верстати чи фрезерно-центрувальні напівавтомати, на яких за один установ виконують і фрезерування торців, і centruвання. Заготовки базують звичайно по крайніх шийках і по одному з оброблених торців.

Обточування шийок розподільних валів. Відомо, що через велику довжину вал при обробці може прогинатися і закручуватися. Тому в заготовок спочатку обточують шийки під люнети (для валів чотирьохциліндрових двигунів - одну середню, для шестициліндрових двигунів - дві чи три). Обробку здійснюють на токарних багаторізьцових напівавтоматах у центрах. Заготовки коротких і порівняно твердих валів приводять в обертання за крайню шийку чи фланець, заготовки довгих багатоопорних валів - з двох сторін. Одночасно з обточуванням шийок підрізають торці кулачків і шийок.

Після правлення заготовок і попереднього шліфування (чи чистового обточування) середніх шийок вала під люнет здійснюється токарна обробка інших шийок і обох кінців вала

На рис. показані схеми налагоджень напівавтоматів для обточування штампованого розподільного вала автомобільного двигуна. Підрізання кулачків і шийок, а також проточування неробочих шийок сталевих валів малої твердості іноді виконують в окремій операції на спеціалізованих токарних напівавтоматах з двома супортами (переднім і заднім). Для валів малої жорсткості на цих операціях обертання заготовки виконують повідковим патроном за середню частину.



Схеми налагоджень токарних багаторізьцових напівавтоматів для обробки штампованих розподільних валів

1.4. Характеристика умов роботи і головних процесів зношування агрегату в цілому та окремих його сполучень

Довга і безперебійна робота ГРМ, і в тому числі розподільчого вала, безпосередньо залежить від якості оливи. Подача [оливи](#) на підшипники ковзання (ліжку і вкладиші распредвала), а також на поверхню кулачків, повинна бути безперебійною. Отвори всередині розподільчого вала, призначені для подачі оливи до пар тертя, досить тонкі і розраховані на моторну оливу певної в'язкості і якості. Несвоєчасна заміна або неправильний підбір оливи приводять до засмічення каналів, після чого тертя розподільчого вала відбувається не по шару рідини (гідродинамічне планування), а по поверхні метал-метал. Підсумок цього процесу сумний, але передбачуваний: швидке зношення кулачків (іноді до стану ідеальної окружності) і штовхачів, а також шийок і вкладок призводить до збоїв в роботі двигуна. Від надмірного тертя розподільчий вал може зламатися, а це вже загрожує не тільки його заміною, але і капремонтom двигуна. Особливість конструкції розподільчого вала в тому, що навіть мінімальне спрацювання призводить до його вібрації і остаточного виходу з ладу. У більшості випадків основною причиною ремонту розподільчих валів є саме неякісна олива, несвоєчасна її заміна або невідповідна в'язкість. При нормальному ТО ресурс розподільчого вала буде настільки ж тривалим, як і ресурс самого двигуна.

Пружні деформації згину, стиску і кручення в окремих деталях розподільчого вала викликають коливальні процеси, що супроводжуються порушенням роботи всього газорозподільчого механізму, зміщенням геометричних фаз газорозподілення і т.д. В процесі експлуатації деталі зношуються та набувають усувних та неусувних дефектів. До усувних дефектів газорозподільчого механізму відносяться згин розподільчого валу і штанг штовхачів, порушення різьби кріплення, знос регулювальних гвинтів, коромисел шийок і кулачків розподільчого валу. Перечисленні дефекти є результатом механічного зносу деталей при взаємодії в процесі експлуатації. Механічний знос, особливо абразивний, є одним з основних видів для складних деталей газорозподільчого механізму. Значна частина спрацьованих деталей піддається втомленому зношуванню, що приводить до утворення в

поверхневому шарі мікротріщин, і в кінцевому випадку може призвести до зламу деталі. В підвісних сполученнях спостерігається пластична деформація виступаючих частин мікронерівностей, , що супроводжується на поверхні тертям, наклепаного шару, який має велику твердість і крихкість.

На розподільчий вал діють різні види напружень. В результаті передачі крутного моменту в повертально-поступальне переміщення клапанів на вал діють крутні моменти. Зусилля стиску пружин клапанів, що діє через коромисла, штанги і штовхачі приводить до зносу кулачків. Опорні шийки вала, обертаючись у втулках також піддаються спрацюванню. В процесі роботи двигуна в масло попадає нагар, хімічні компоненти, які прискорюють зношення поверхонь тертя. Інтенсивний знос опорних шийок і кулачків проходить в момент запуску двигуна, коли змазка ще не поступила в сполучення деталей, що труться. Перевантаження двигуна приносять різке падіння тиску в системі мащення, що приводить до сухого тертя.

Аналіз причин зносу деталей, характер, вид і величини зносу

Крім оливного голодування, причинами поломок може стати перегрів, від якого метал «веде», природне зношення (рано чи пізно все зношується, як не старайся), поломки суміжних деталей (шків, ланцюг або ремінь ГРМ), а також спочатку низька якість розподільчого вала (поганий метал, неточне виготовлення). Ознаки можна визначити візуально або навіть на слух: характерним симптомом несправності саме розподільчого вала буде стукіт при запуску холодного двигуна (на початку проблеми стукіт пропадає, коли мотор прогріється, а з погіршенням ситуації двигун буде стукати постійно).

Спрацьовані елементи і задираки на шиях, підшипниках, сальниках або кулачках – однозначний сигнал для заміни деталі.



Найбільшому зносу підлягають опорні шийки вала і кулачки. Це відбувається внаслідок попадання в змазку нагару і абразивних частин. В процесі роботи двигуна зазори в сполученнях збільшуються, що в свою чергу приводить до зменшення тиску в системі мащення, а це також сприяє підвищенню зносу. Як правило характер зносу шийок і кулачків рівномірний по всій ширині, разом з тим, на опорних шийках в місцях виходу масляних каналів можуть мати місце колові риски від абразивних частинок, що попадають в змазку. Биття середніх шийок відносно крайніх (згин валу) доходить величин більше 0,08 мм, що викликається дією знакозмінних навантажень. Порушення різьби кріплення шестерні проявляється в зриві, викришуванні або зміні витків різьби. Викликається це нерівномірним розподіленням навантаження по виткам, великими контактними напруженнями на них.

Технологічні вимоги, що висуваються до розподільчого валу

1. Робочі поверхні опорних шийок і кулачків вала повинні бути чистими без вибоїн і рисок.
2. Твердість шийок і кулачків розподільчого валу повинні бути не менше HRC 54...62.

3. Висота кулачків допускається не менше 35,95 мм. 25
4. Поверхні всіх кулачків повинні бути оброблені на конус. Більша основа конуса повинна бути зі сторони шестерні розподільчого вала.
5. Діаметри шийок розподільчого вала допускаються не менше 49,98 мм.
6. Овальність шийок і конусність допускається не більше 0,025 мм.
7. Масляні канали повинні бути чистими, без слідів згустків смолистих відкладень. Канали повинні бути ретельно промиті і продуті стисненим повітрям.
8. Шестерня повинна бути напресована на розподільчий вал до упору. Болт кріплення шестерні до розподільчого валу повинен бути затягнутим моментом 110...160 Нм.
9. Осьовий люфт валу допускається 1,2 мм, для нових – 0,3...1,04 мм

1.5.Проектування верстатних пристосувань та інструменту

Верстатними пристосуваннями в машинобудуванні називають додаткові пристосування до металорізальних верстатів, що застосовуються для установки та закріплення деталей, що оброблюються на металорізальних верстатах. Вибір верстатних пристосувань залежить від форми, габаритних розмірів та технічних вимог, що застосовуються до деталей, що оброблюються, а також від типу виробництва та програми випуску виробів. За типом верстатів пристосування поділяються на токарні, свердлильні, фрезерні і т.д. По мірі спеціалізації пристосування поділяються на універсальні, переналагоджувальні (групові) і спеціальні. По мірі механізації і автоматизації: ручні, механізовані, напівавтоматичні, автоматичні. Універсальні пристосування поділяються на безналагоджувальні та налагоджувальні.

Система верстатних пристосувань

Верстатні пристосування — це механізми які служать для розширення технологічних можливостей верстатів.

Виділяють шість систем верстатних пристосувань:

1. Універсальне безналагоджувальні пристосування (**УБП**);
2. Універсальне налагоджувальне пристосування (**УНП**);
3. Універсальне збірне пристосування (**УЗП**);
4. Спеціальне налагоджувальне пристосування (**СНП**);
5. Нерозбірне спеціальне пристосування (**НСП**);
6. Збірно – розбірне пристосування (**ЗРП**).

УБП - ці пристосування є закінченими агрегатами з незмінними настановними пристосуваннями. УБП служить для установки заготовок декількох класів, багатьох типорозмірів (верстатні універсальні лещата, трикулачковий патрон, що центрується). Ця система не вимагає часу для її підготовки до роботи. Точність установки заготовок 11-12 квалітет.

УЗП - конструкції верстатних пристосувань можуть бути із стандартних деталей, а в деяких випадках і з вузлів. Після зборки таке пристосування стає спеціальним. Точність установки заготовок 9-10 квалітет. Термін зборки пристосування 3-4 години.

УНП - конструкція є синтезом базового агрегату і змінних наладок. Змінна наладка — це механізм або деталь, яка розширює технологічні можливості базового агрегату. Базовий агрегат - універсальний механізм, який з'єднується, як правило, з верстатом і є основою для розробки універсальних верстатних пристосувань (універсальні тиса, патрон). Ця система служить для установки заготовок декількох класів і декількох типорозмірів. Термін розробки, складки, випробування - 15 годин. Точність установки заготовки - 8 квалітет.

СНП - складаються із спеціального базового агрегату і змінної наладки. СНП служить для установки деталей, як правило, одного класу і 17 багатьох типорозмірів. Інші характеристики аналогічні УНП (ділильні головки, ділильні столи, поворотні столи).

ЗРП - складаються із стандартних механізмів довгострокового вживання. У ЗРП можуть встановлюватися заготовки багатьох класів і багатьох типорозмірів. Термін проектування, створення, зборки, випробування складає 25 годин. Точність установки — 7 квалітет.

НСП — є закінченою конструкцією верстатного пристосування тривалого використання для установки деталі лише одного класу і типорозміру. Ці деталі прості, тому точніші. Точність установки — 7 квалітет. Термін розробки, виготовлення, складання і випробування приблизно 90 годин (мембранний патрон, гідропластмасові пристосування). 3 Вибір верстатних пристосувань. Вибір верстатних пристосувань виконують по серійності, точності і конструктивним особливостям:

1) по серійності Рисунок 1 –

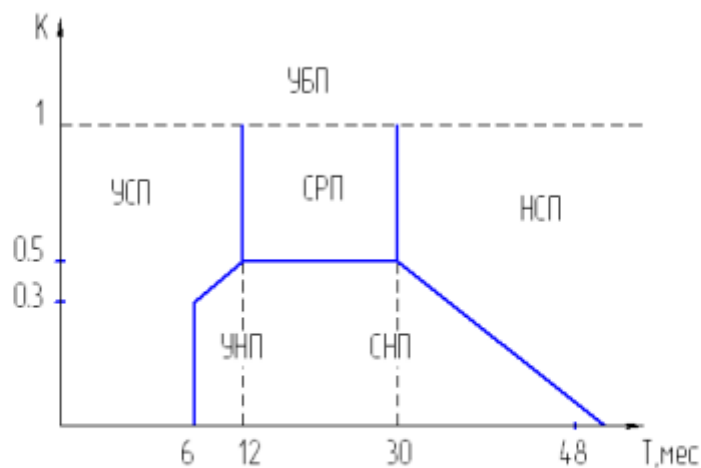


Рисунок 1 – Графік серійності

2)

2) по точності

Дані наведені в таблиці 1.

3) по конструктивним особливостях.

$$K_r = \frac{1}{q} + \frac{1}{p} + \frac{1}{k},$$

де q- кількість деталей в пристосуванні;

p - кількість стиків між деталями;

k - кількість рухливих з'єднань

Вибирають ті пристосування, в яких K_r мінімальне.

Таблиця 1 - Вибір верстатних пристосувань по точності

Системи	Квалітети			
	11-12	9-10	7-8	6
УБП	Установка заготовки без і з вивірянням	Встановлюється заготовка за допомогою контрольно – вимірювальних пристосувань		
УСП	Збірка пристосувань з використанням компенсаторів			
УНП	Збірка пристосувань без компенсаторів		Устан. загот. допоміжн. способом	Доопрацювання поверхні, яка контактує із заготовкою після установки пристосування на верстат
СНП	Збірка пристосувань без компенсаторів			
СРП	Збірка пристосувань без компенсаторів			
НСП	Виготовляється деталь зі встановленою точністю			Доопрацювання по місцю

МЕХАНООБРОБНА ДІЛЬНИЦЯ

2.1 Встановлення типу виробництва

Для визначення типу виробництва переважно використовують коефіцієнт закріплення операцій. При укрупненому проєктуванні тип виробництва орієнтовно можна визначити в залежності від програми

випуску і маси виробів, що виготовляються за даними наведеними в таблиці 1.

Таблиця 1 – Орієнтовні дані для вибору типу виробництва

Тип виробництва	Річна програма випуску деталей		
	важких (> 100 кг)	середніх (10 – 100 кг)	легких (до 10 кг)
Одиничне	до 5	до 10	до 100
Дрібносерійне	5 - 100	10 - 200	100 - 500
Середньoserійне	100 - 300	200 - 300	500 - 5000
Крупносерійне	300 - 1000	500 - 5000	5000 - 50000
Масове	> 1000	> 5000	> 50000

Організаційну форму приймають у відповідності з типом виробництва.

Встановлюється дві основні форми організації виробництва: групова і потокова.

Групова форма організації виробництва характеризується однорідністю конструктивно-технологічних ознак виробів, єдністю засобів технологічного оснащення однієї або декількох технологічних операцій і спеціалізацією робочих місць. Потоковий метод роботи являє собою прогресивну форму організації виробництва в машинобудуванні. Найбільш ефективні результати його застосування дає в масовому виробництві, однак він впроваджується й у серійне виробництво.

Виготовлення розподільного валу вимагає використання комплексу високотехнологічного обладнання, яке забезпечує високу точність і ефективність обробки. Нижче наведений опис основних типів верстатів та обладнання, які зазвичай використовуються в механообробній дільниці для виготовлення розподільного валу.

1. Токарні верстати

1.1. Універсальні токарні верстати

- *Призначення:* Обточування циліндричних поверхонь, торців, канавок і посадочних місць під підшипники.
- *Особливості:* Висока гнучкість і можливість виконання широкого спектру операцій з різними типами заготовок.

1.2. Числове програмне керування (ЧПК)

- *Призначення:* Виконання складних токарних операцій з високою точністю за допомогою комп'ютерного управління.
- *Особливості:* Висока точність і можливість обробки складних профілів та геометрій.

2. Фрезерні верстати

2.1. Горизонтальні фрезерні верстати

- *Призначення:* Обробка плоских поверхонь, канавок і кулачків розподільного валу.
- *Особливості:* Можливість обробки великих заготовок і високої продуктивності.

2.2. Вертикальні фрезерні верстати

- *Призначення:* Точне фрезерування канавок і пазів
- *Особливості:* Висока точність і зручність обробки складних деталей.

2.3. Фрезерні верстати з ЧПК

- *Призначення:* Автоматизація процесу фрезерування, забезпечення високої точності і повторюваності операцій.
- *Особливості:* Програмування складних траєкторій обробки та можливість виготовлення деталі без додаткового втручання оператора.

3. Шліфувальні верстати

3.1. Круглошліфувальні верстати

- *Призначення:* Точне шліфування циліндричних поверхонь розподільного валу для досягнення високої чистоти поверхні.

- *Особливості:* Висока точність і можливість обробки твердих матеріалів. ###

3.2. Плоскошліфувальні верстати

- *Призначення:* Обробка плоских поверхонь і торців.

- *Особливості:* Забезпечення високої точності плоских поверхонь.

3.3. Безцентрові шліфувальні верстати

- *Призначення:* Шліфування циліндричних поверхонь без використання центрових отворів.

- *Особливості:* Висока швидкість і продуктивність обробки.

4. Спеціалізовані верстати

4.1. Кулачкові шліфувальні верстати

- *Призначення:* Шліфування кулачків розподільного валу для досягнення точної форми і поверхні.

- *Особливості:* Висока точність шліфування складних контурів кулачків.

4.2. Верстати для обробки отворів (свердлильні, зенкерні)

- *Призначення:* Свердління, зенкерування і розгортка отворів під кріплення і системи мастила.

- *Особливості:* Точна обробка отворів з необхідною геометрією.

5. Верстати для термічної обробки

5.1. Індукційні загартувальні верстати

- *Призначення:* Загартування поверхонь для підвищення міцності і зносостійкості.

- *Особливості:* Можливість локального загартування кулачків і інших критичних зон.

5.2. Печі для азотування

- *Призначення:* Азотування поверхні для покращення зносостійкості і корозійної стійкості
- *Особливості:* Контроль температури і часу обробки для досягнення оптимальних характеристик.

6. Додаткове обладнання

6.1. Верстати для полірування

- *Призначення:* Полірування поверхонь для досягнення високої чистоти і гладкості.
- *Особливості:* Використання спеціальних полірувальних кругів і паст.

6.2. Ультразвукові очисні установки

- *Призначення:* Очищення деталей від забруднень і залишків обробки.
- *Особливості:* Використання ультразвукових хвиль для глибокого очищення.

6.3. Контрольно-вимірювальні пристрої

- *Призначення:* Вимірювання і контроль геометричних параметрів деталей.
- *Особливості:* Використання мікрометрів, калібрів, координатних вимірювальних машин.

Вся ця сукупність верстатів і обладнання забезпечує повний цикл обробки, починаючи від заготівлі і закінчуючи фінішною обробкою та контролем якості розподільного валу.

Встановлення трудомісткості робіт

Трудомісткість механічної обробки виробу може бути визначена різними методами, серед яких виділяють три: емпіричний, експертний і технологічний розрахунковий. В даному випадку, для визначення трудомісткості механічної обробки річного випуску всіх виробів необхідно показник трудомісткості K_{TR} , який приводиться в завданні помножити на річну програму випуску виробів N .

Трудомісткість складальних робіт може бути визначена такими методами:

- за даними технологічного процесу (детальне проєктування);
 - за скоригованими даними заводів, які випускають аналогічні вироби
- (для одиничного, дрібно-і середньосерійного виробництва); - за укрупненими показниками.

В даному випадку трудомісткість складальних робіт на річну програму випуску виробів визначають за укрупненими показниками, тобто в процентному відношенні до трудомісткості механічної обробки. Залежно від типу виробництва трудомісткість складальних робіт у відсотках від часу механічної обробки приймають [1]:

- для одиничного і дрібносерійного виробництва 40-50 %;
 - для середньосерійного – 30-35 %; - для крупносерійного – 20-25 %;
 - для масового – менше 20 %.
- ..

$$T_M \cdot K_{TP} \cdot N, \quad (1)$$

де K_{TP} – трудомісткість механічної обробки виробу, $K_{TP} = 340$ верстато-год.; N – річна програма випуску, $N = 1800$ шт.

Відповідно загальна трудомісткість
рівна $T_M = 340 \cdot 1800 = 612000$
верстато-год.

При масовому виробництві трудомісткість складальних робіт складає

20...25 % від трудомісткості механічної обробки
[посилання]. $T_{СК} = 0,2 \cdot T_M = 0,2 \cdot 612000 = 122400$
людино-год.

Встановлення кількості металорізального обладнання та площі ділянки

Визначення загальної кількості обладнання механічного відділення укрупненим способом проводять за трудомісткістю механічної обробки річного випуску виробів:

Визначення загальної кількості обладнання механічного відділення укрупненим способом може проводитись за трудомісткістю механічної обробки річного випуску виробів:

$$C_{\text{заг}} \cdot \frac{T_M}{F_d \cdot k_z}, \quad (2)$$

де T_M – трудомісткість механічної обробки річного випуску виробів, верстатогодин;

F_d – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год. (таблиця 2); k_z – середній коефіцієнт завантаження обладнання по цеху або ділянці приймають для масового і крупносерійного виробництва 0,7; для серійного 0,8; для дрібносерійного і одиничного 0,85 [1].

Таблиця 2 – Дійсний річний фонд часу роботи обладнання механічних цехів

Обладнання	Режим роботи		
	I зміна	II зміни	III зміни
Металорізальні верстати масою, т до 10 10-100	2040	4060	6060
	2000	3985	5945
Металорізальні верстати з ЧПК масою, т до 10 10-100	—	3890	5775
	—	3810	5650
Агрегатні верстати	—	4015	5990
Автоматичні лінії	—	3725	5465

Розподіл обладнання за типами для різних галузей машинобудування проводять на основі приблизного складу обладнання згідно норм технологічного проектування [2]. Розподіл обладнання з достатньою для навчальних цілей точністю можна виконати за даними таблиць 3, 5.

Виробничу площу механічного цеху або дільниці укрупнено підраховують за нормативними показниками площі. Основним показником для визначення загальної площі дільниці є питома площа, тобто площа, яка припадає на одиницю устаткування і залежить від габаритних розмірів обладнання і транспортних засобів, які використовуються. Так, для легких верстатів (масою до 1 т., позначення Л) питома площа складає 14-18 м², для середніх (масою 1...10 т., позначення С) – 18-22 м², для крупних (масою 10...20 т., позначення К) – 22-30 м², для особливо крупних (масою від 30 т. і вище, позначення ОК) – 30-100 м² за даними [1].

2.2 Визначення кількісного складу працюючих в механічному відділенні за категоріями

Для здійснення виробничих процесів у механоскладальному виробництві передбачений певний штат працюючих, яких поділяють на наступні категорії: виробничі (основні) і допоміжні робітники, інженерно-технічні працівники, службовці (лічильно-конторський персонал), молодший обслуговуючий персонал. Відповідно кількість верстатників визначають розрахунковим методом, а кількість працюючих інших категорій – у процентному відношенні. Зокрема кількість працівників приймають: слюсарів – 1-3 % від верстатників у крупносерійному та масовому і 3-55 % в одиничному і дрібносерійному виробництві; допоміжних робітників – 18-25 % від виробничих робітників в дрібносерійному і одиничному виробництві, 35-50 % в крупносерійному і масовому; молодшого обслуговуючого персоналу – 2-3 %, інженерно-

технічних працівників – 10-13 %, лічильно-контторського персоналу – 4-5 % від загальної кількості робітників (сума виробничих і допоміжних) незалежно від типу виробництва.

Розрахунок кількості виробничих робітників-верстатників механічного відділення може бути виконаний за кількістю верстатів, прийнятих у проєкті:

$$P_B \cdot \frac{C_{\Pi} \cdot F_{\partial} \cdot k_3}{F_{\partial p} \cdot k_6}, \quad (1)$$

де C_{Π} – кількість прийнятих у проєкті верстатів; F_{∂} – дійсний річний фонд роботи обладнання, год.;

$F_{\partial p}$ – дійсний річний фонд часу роботи робітників, приймається рівним: для виробництв з 41-годинним робочим тижнем – 2070 год., для виробництв з 36годинним робочим тижнем – 1830 год. [1];

k_3 – коефіцієнт завантаження обладнання, по цеху або дільниці приймають при роботі:

- в I-у зміну: для масового і крупносерійного виробництва – 0,6; для серійного – 0,7; для дрібносерійного і одиничного – 0,75;

- в II-ї зміни: для масового і крупносерійного – 0,7; для серійного – 0,8; для дрібносерійного і одиничного 0,85;

- в III-ї зміни: для масового і крупносерійного – 0,8; для серійного – 0,9; для дрібносерійного і одиничного 0,95.

k_6 – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування приймається рівним: в одиничному і дрібносерійному виробництві – 1,1-1,2; в серійному 1,3-1,5; в крупносерійному – 1,5-1,8; в масовому 1,8-2,2 .

Визначення кількості робочих місць

Оскільки у механічному відділенні один робітних-верстатник може обслуговувати декілька одиниць металорізального обладнання, що

визначається коефіцієнтом багатOVERстатного обслуговування – то для складального відділення необхідно визначати кількість робочих місць, так як на одному складальному стенді може бути задіяно декілька працюючих.

Для виконання складальних робіт у цеху повинні бути розміщені та відповідно оснащені робочі місця складання. При укрупненому проектуванні кількість робочих місць складального відділення визначають за формулою:

$$T_{СК} \cdot M_{СК} \cdot \frac{F_{д1} \cdot K_1 \cdot k_{с.з}}{F_{д1} \cdot K_1 \cdot k_{с.з}}, \quad (2)$$

$F_{д1} \cdot K_1 \cdot k_{с.з}$

де $T_{СК}$ – трудомісткість складання, людино-годин; $F_{д1}$ – дійсний річний фонд часу робочого місця, год.; K_1 – середня щільність роботи, $K_1 = 1,2-1,8$ [1]; $k_{с.з}$ – середній коефіцієнт завантаження робочого місця, $k_{с.з} = 0,75-0,85$ [1].

Дійсний річний фонд часу робочого місця може бути визначений за даними таблиці 2 або рекомендаціями [1], [2].

Таблиця 2 – Ефективний річний фонд часу, год., роботи устаткування складальних ділянок і цехів

Обладнання	Режим роботи		
	одно- змінний	дво- змінний	три- змінний
Робоче місце складальника	2070	4140	6210
Робоче місце складальника з механізованими пристроями	2050	4080	6085
Складальне автоматичне та напівавтоматичне обладнання	2000	3975	5930
Автоматичні складальні лінії	—	3725	6465

2.3 Цехова ремонтна база (ЦРБ)

У невеликих цехах, в яких є менше 100 верстатів, організовувати цехову майстерню для ремонту обладнання не доцільно. Кількість верстатів ЦРБ приймають рівною 2,5...5 % від кількості верстатів, які обслуговуються ЦРБ [1]. Площу цехової ремонтної бази визначають за нормою 25...30 м² на один основний верстат ЦРБ. Додатково виділяється площа для складу запасних частин у розмірі 25...30 % площі бази, а також до складу ЦРБ входить відділення для ремонту електрообладнання та електронних систем, яке служить для періодичного огляду і ремонту електродвигунів, засобів електроавтоматики, систем керування обладнання тощо. Його площу приймають в межах 35...40 % від площі ЦРБ.

Відділення для відведення та переробки стружки

Для своєчасного прибирання та переробки відходів виробництва, зокрема стружки, в складі цеху передбачається відділення для відводу та переробки стружки. Його площу можна визначити в залежності від кількості виробничого обладнання механічного цеху (таблиця 1) або рекомендацій [1].

Таблиця 1 – Нормативні дані для визначення площі відділення відведення та переробки стружки

Кількість верстатів	Площа відділення, м ²
До 60	65-75
61-100	75-85
101-200	85-105
201-300 більше	110-125
300	130-180

Відділення для приготування мастильно-охолоджувальних рідин

Для постачання верстатів мастильно-охолоджуючими рідинами в цеху необхідно передбачити відділення для приготування та роздавання МОР. Його площа призначається в залежності від кількості виробничого обладнання (таблиця 2). Також в проєкті механоскладального цеху передбачають склади масел. Площу складу масел приймають рівною 10-20 м² [1].

Таблиця 2 – Нормативні дані для визначення площі відділення для приготування та роздачі МОР

Кількість обладнання	Площа, м ²
30-60	35-40
61-100	40-50
101-200	50-70
201-300	75-100
301-400	100-120

Пункти відділу технічного контролю

В механоскладальних цехах передбачають контрольні відділення, що входять до відділу технічного контролю (ВТК) заводу. Кількість контролерів ВТК приймається в залежності від типу виробництва: одиничне – до 4 %, в серійних виробництвах 5...7 %, в крупносерійному і масовому – 8...10 % від кількості виробничих робітників механічного відділення. Площу контрольних відділень призначають з розрахунку 5...6 м² на одного контролера [1].

Системи електропостачання, стисненого повітря та мікроклімату

Для забезпечення обладнання електроенергією в цехах передбачають по

одній трансформаторній підстанції на кожні 5000 м² виробничої площі, які розташовують на відстані 75...100 м одна від одної. Площа приміщень підстанцій становить 50 м² [1].

Для забезпечення виробництва стисненим повітрям у складі цеху передбачаються площі для розміщення компресорних установок. Розміри площ визначають за співвідношенням:

$$S_K = (0,006...0,008) \cdot S_B, \quad (1)$$

де S_B – виробнича площа цеху, м².

Для забезпечення мікроклімату та чистоти повітря цехи обладнують притоковою та витяжною вентиляцією. Загальну площу під вентиляційне обладнання визначають за співвідношенням:

$$S_{BEHT} = (0,005...0,0075) \cdot S_B. \quad (2)$$

Склад заготовок

Цеховий склад матеріалів і заготовок призначений для забезпечення безперервного постачання верстатів матеріалами та заготовками, але не для зберігання матеріалу і заготовок, які надходять на завод великими партіями.

Площу цехового складу матеріалів і заготовок можна визначити за формулою [1]:

$$S_{CЗ} = \frac{M_{\Sigma} \cdot t}{260 \cdot q \cdot k_B},$$

де M_{Σ} – маса матеріалу і заготовок річного об'єму випуску, т. Маса матеріалу і заготовок річного об'єму випуску рівна сумі маси виробу і стружки помноженій на річну програму випуску. При укрупнених розрахунках маса стружки приймається рівною 10...15% маси готового виробу. t – середня кількість робочих днів, на протязі яких матеріал і

заготовки зберігаються на складі до поступлення їх на обробку (норми робочого

зберігання заготовок наведені в табл. 3);

q – середнє допустиме навантаження на 1 м² корисної площі підлоги (вантажонапруженість), при способі зберігання матеріалів і заготовок в штабелях приймають $q = 1,2...1,4$ т/м², на стелажах – $2...7$ т/м² в залежності від висоти штабелювання; k_B – коефіцієнт використання площі складування, $k_B = 0,3...0,4$.

Таблиця 3 – Норми зберігання заготовок в робочих днях

Вид виробництва	Штанговий матеріал, дрібні і середні заготовки	Крупні заготовки
Одиничне	12	5
Дрібносерійне	8	3,5
Серійне	6	2,5
Крупносерійне і масове	4-6	1-2

Місцем нагромадження і зберігання повністю оброблених деталей, які очікують надходження на складання є міжопераційний склад. Крім того, сюди надходять деталі, необхідні для комплектування складання вузла: підшипники, прокладки, електрообладнання. Міжопераційні склади влаштовують лише у непотоковому виробництві.

Необхідну площу для міжопераційного складу визначають за формулою:

$$S_{\text{ІІР}} = \frac{M_{\Sigma} \cdot t_3}{260 \cdot q \cdot k_B}, \quad (4)$$

де M_{Σ} – маса матеріалу і заготовок річного об'єму випуску, т; t_3 – кількість робочих днів запасу, приймається згідно табл. 4; q – середня вантажонапруженість 1 м², $q = 1-4$ т/м²; k_B – коефіцієнт використання площі складування, $k_B = 0,25-0,30$.

Таблиця 4 – Кількість робочих днів запасу

Типи виробництва	Крупні деталі	Середні деталі
Дрібносерійне, одиничне	8 діб	20 діб
Серійне	5 діб	12 діб 2
Крупносерійне	1 зміна	зміни 8
Масове	2-4 год.	год.

Заготівельне відділення

Для виконання робіт з розрізання і центрування пруткового та сортового матеріалу та інших видів заготовок у заготівельному відділенні передбачається застосування специфічного обладнання, до якого відносяться токарно-відрізні, дискові, ножівкові і циркулярні пили, фрезерно-центрувальні верстати, преси та інше устаткування. Для механоскладальних цехів в заготівельному відділенні встановлюють від 4 до 10 одиниць обладнання. Питому площу приймають рівною 25...30 м² на одиницю [1].

Визначення загальної площі механоскладального цеху

За результатами розрахунку площ всіх відділень цеху складається відомість площ цеху за відповідною формою з врахуванням, що магістральні проїзди складають 12...15 % від площі всіх відділень цеху.

Визначення площі службово-побутових приміщень

На службово-побутовій площі розташовують конторські та побутові приміщення. До конторських приміщень відносять площу, зайняту адміністративно-конторськими службами цеху. В цю ж площу входить також площа, зайнята конструкторськими і технологічними бюро. Побутовою називається площа приміщень, призначених для задоволення гігієнічних та санітарно-побутових потреб працюючих.

При укрупнених розрахунках загальну площу службово-побутових приміщень приймають рівною 25...30 % площі цеху без площі магістральних проїздів [1].

Визначення кількості кранового обладнання

Кількість піднімальних кранів може визначатися на основі графіків транспортування чи складання, у яких наводиться тривалість роботи крана на кожній операції. Укрупнено кількість кранів можна приймати: в механічних цехах один кран на 40-80 м довжини прольоту; в складальних – на 30-50 м.

Кількість мостових кранів можна визначити за формулою

$$K = \frac{N_{3M} \cdot i \cdot T_{KP}}{m_{\partial} \cdot T_{3M}}, \quad (4)$$

де N_{3M} – кількість виробів, що підлягають транспортуванню за зміну, шт.;

$$N_{3M} = \frac{N}{n \cdot \Phi}, \quad (5)$$

де N – програма випуску, шт., n – кількість змін;

Φ – кількість робочих днів у році, $\Phi \approx 250...260$; i – середня кількість транспортних операцій на виріб, $i \approx 5...8$;

T_{KP} – загальний час пробігу крана, хв.;

T_{3M} – тривалість зміни, хв.;

m_{∂} – кількість деталей, що переміщуються одночасно (залежить від технічних характеристик прийнятого обладнання [1]). Загальний час пробігу крана:

$$TKP = T_{ПК} + T_{ЗК} + T_{РК} + T_{ВК}, \quad (6)$$

де $T_{ПК}$ – час пробігу крана, хв.;

$T_{ЗК}$ – час на завантаження, $T_{ЗК} = 2 \dots 5$ хв.;

$T_{РК}$ – час на розвантаження, $T_{РК} = 2 \dots 4$ хв.;

$T_{ВК}$ – час випадкових затримок (приблизно 10 % від $T_{ПК}$), хв.

Час пробігу крана рівний

$$T_{ПК} \approx L_K / V_K, \quad (7)$$

де L_K – середня довжина пробігу крана, м. [1,

2]; V_K – середня швидкість руху крана, м/хв.

[1, 2].

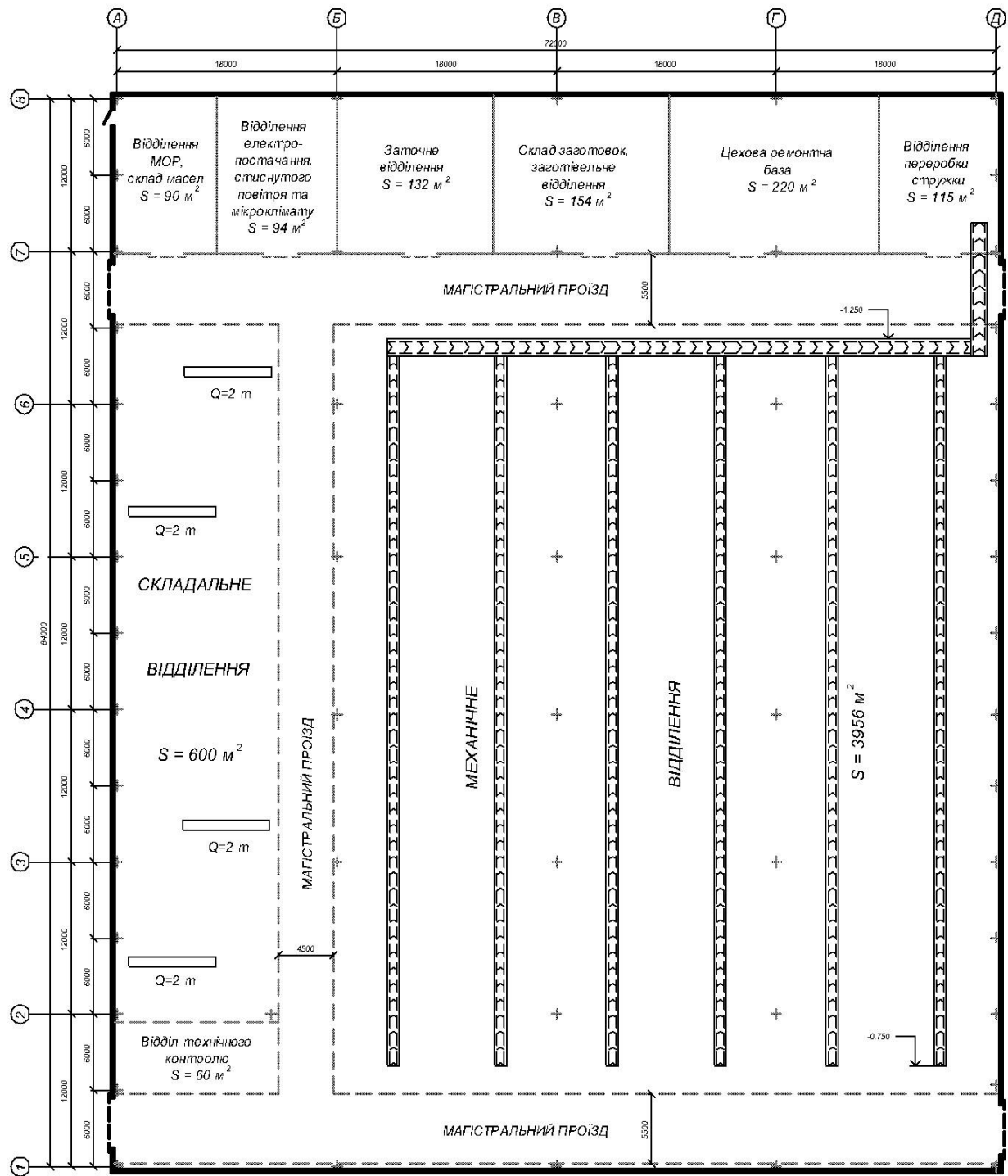
2.4 Розробка компоувального плану механоскладального цеху

Вибір розмірів уніфікованих типових секцій (УТС)

Розміри УТС вибираються окремо для цеху і допоміжних будівель адміністративно-побутового призначення. Для цеху рекомендованим є прийняття розмірів основних секцій із стандартних значень УТС, тобто розміри в плані 144x72 і 72x72 м з сітками колон 18x12 і 24x12 м. Пристінні ряди колон застосовуються з кроком рівним 6 м. Відповідно площа механоскладального цеху з УТС може складати відповідно 5184, 10368, 15552, 20736 м² і т.д. Стандартні УТС використовують, якщо розрахункова площа не відрізняється від стандартного ряду більше ніж на 10%. У протилежному випадку застосовують нетипові секції, але із уніфікованими сітками колон, тобто ширина прольоту 18, 24, 30, 36 м. Всі прольоти цеху повинні бути однакової ширини згідно значень стандартного ряду. Пристінні колони розміщують з кроком 6 м., але секціями по 12 м.

Типові компоувальні плани цехів виконують в масштабі 1:100, 1:200 або 1:400. В окремих випадках допускається використання інших масштабів відмінних від типових. При оформленні компоувального плану використовують умовні позначення згідно стандарту ГОСТ 21.108-

87. Найбільш вживані умовні позначення наведені у відповідній літературі [1, 4].



Компонувальний план механоскладального цеху

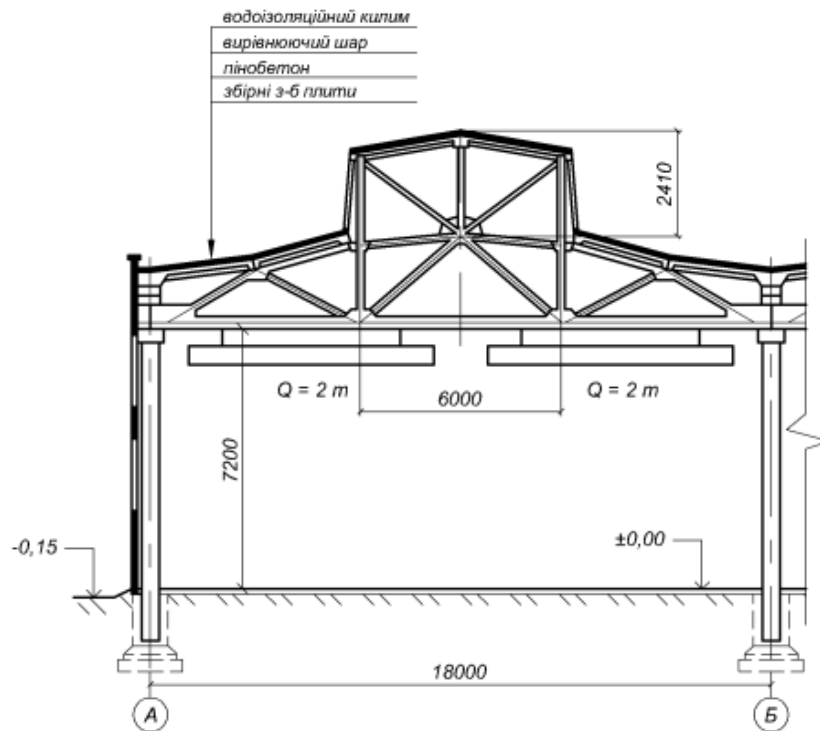


Рисунок 3– Поперечний переріз цеху

Розрахунок параметрів обладнання дільниці цеху автоматизованої гнучкої виробничої системи

Гнучка виробнича система (ГВС) – це керований засобами обчислювальної техніки комплекс технологічного обладнання, що автоматично адаптується до змін у програмі виробництва. До складу ГВС входять гнучкі виробничі модулі (ГВМ) та/або гнучкі виробничі осередки (ГВО), автоматизована система технологічної підготовки виробництва (АСТПВ) та система забезпечення функціонування (СЗФ). ГВС застосовується в середньосерійних та крупносерійних виробництвах.

Послідовність розрахунку обладнання дільниці цеху автоматизованої ГВС виконують за такими пунктами:

а) кількість верстатів і роботів-маніпуляторів.

Кількість верстатів і роботів-маніпуляторів визначають за формулою:

$$C_p = \frac{T_{шт}}{\tau_с}, \text{ од.} \quad (1)$$

де $T_{шт}$ – штучний час на виготовлення деталі, хв.

$\tau_с$ – такт випуску деталі, хв.

Такт випуску деталі рівний

$$\tau_с = \frac{60 \cdot F_д}{N}, \quad (2)$$

де $F_д$ – дійсний фонд часу роботи обладнання. (при однозмінній роботі – 2030 год.; двоохзмінній – 4015 год.; трьохзмінній – 5960 год.)

N – річна програма випуску деталей.

б) коефіцієнт завантаження обладнання.

Сумарний коефіцієнт завантаження обладнання ГВС визначається відношенням розрахункової кількості обладнання до прийнятої.

$$k = \frac{C_p}{C_n}. \quad (3)$$

в) кількість палет і тари.

Для забезпечення повноцінного функціонування обладнання кількість палет і тари приймається не менше кількості роботів-маніпуляторів.

г) кількість комірок для автоматизованого складу.

Розрахункове значення кількості комірок визначають за формулою:

$$N_k = \frac{N \cdot k_3 \cdot k_5 \cdot k_7}{\Phi \cdot k_4 \cdot k_6 \cdot k_1} (1 + k_{21} + k_{22}), \quad (4)$$

де N – річна програма випуску деталей, шт.;

k_3 – поправочний коефіцієнт, $k_3 = 1,25$; k_5 – максимальна кількість змін роботи обладнання;

k_7 – коефіцієнт, що враховує кількість комірок автоматизованого складу для

зберігання технологічного оснащення та інструменту, $k_7 =$

1,3; Φ – кількість робочих днів у році, $\Phi \approx 250 \dots 260$.

k_4 – кількість змін;

k_6 – кількість одиниць транспортної тари, що знаходиться в комірці автоматизованого складу, $k_6 = 1 \dots 2$; k_1, k_{21}, k_{22} – поправочні коефіцієнти, $k_1 = 1,2 \dots 1,4$; $k_{21} = 4$; $k_{22} = 4$.

д) кількість транспортних робіт (ТР).

Значення кількості ТР приймається з наступної рівності:

$$n_p \geq 1,2 \frac{\frac{T_{um.max}}{T_{um.}} \cdot 2(t_p + t_r + t_m + t_{n.e}) \cdot k_3}{T_{um.max} \cdot k_1 \cdot \frac{1}{k_8}}, \quad (5)$$

де $T_{um.max}$ – максимальний штучний час на технологічну операцію, хв.;

T_{um} – штучний час на виготовлення деталі, хв.;

t_p – час на розгін ТР, хв.;

t_r – час на гальмування

ТР, хв.;

t_m – час його руху на маршовій швидкості, хв.; $t_{n.e.}$ – час на виконання транспортним роботом циклу «покласти-взяти», хв.

k_1, k_3 – поправочні коефіцієнти, $k_1 = 1,2 \dots 1,4$; $k_3 = 1,25$; k_8 – коефіцієнт кількості операцій.

е) площа обслуговуваної поверхні транспортного робота.

Розміри складу-накопичувача залежать від кількості комірок N_k . Маючи розміри однієї комірки (висоту h і ширину b), встановлюють

параметри складунакопичувача. Обслуговувана поверхня транспортного робота

$$F_c = h \cdot b \cdot N_k, \text{ м}^2 \quad (6)$$

де h, b – габарити торцевої поверхні комірки, м.

є) довжина складу накопичувача.

Робоча довжина складу рівна відношенню площі обслуговуваної поверхні транспортного робота до середньої висоти підйому вантажу.

$$L_c = \frac{F_c}{H_c}, \text{ м} \quad (7)$$

де H_c – середня висота підйому вантажу, $H_c = 3 \dots 12$ м.

При розрахунках необхідно враховувати, що максимальна довжина складу для одного транспортного робота не повинна перевищувати 120 м.

ж) продуктивність крана-штабелера.

Продуктивність транспортного обладнання ГВС рівна

$$Q = 60 \cdot m \cdot \frac{k_t}{t_{к.ш}}, \text{ цикл/год.} \quad (8)$$

де m – кількість піддонів, що одночасно переміщуються; k_t – коефіцієнт використання обладнання, $k_t = 0,8 \dots 0,9$; $t_{к.ш}$ – тривалість циклу роботи крана-штабелера.

$$t_{к.ш} = 2 \left(\frac{L_c}{V_k} + \left(\frac{H_c + 0,2}{V_n} \right) \cdot k' + 2 \left(\frac{b_s + 0,1}{V_r} \right) + t_0 \right), \quad (9)$$

де L_c – розрахункова довжина складу накопичувача, м;

V_k, V_n, V_r – відповідно швидкості переміщення крана, підйому каретки і

висування телескопічного вантажозахоплювача, м/хв.; H_c – середня висота підйому вантажу, $H_c = 3 \dots 12$ м; k – коефіцієнт, що враховує суміщення руху штабелера з підйомом вантажу, k

$= 0,25 \dots 0,3;$

b_g – максимальна ширина вантажу, м; t_0 – додатковий транспортний час, $t_0 = 0,1 \dots 0,4$ хв.

Охорона праці в механообробній дільниці, де виготовляються розподільні вали, є надзвичайно важливою для забезпечення безпеки та здоров'я працівників. Ось деякі основні аспекти, які потрібно враховувати:

1. Загальні вимоги безпеки:

- Ознайомлення з правилами та інструкціями з охорони праці: Всі працівники повинні бути ознайомлені з правилами та інструкціями щодо безпеки на робочому місці. Це включає в себе знання про заходи безпеки при роботі з механічними верстатами, інструментами та хімічними речовинами.
- Використання особистих засобів захисту (ОЗЗ): До ОЗЗ можуть входити окуляри для захисту очей, вушні затискачі або навушники для захисту слуху, респіратори або маски для захисту дихальних шляхів, а також захисні каски та одяг. Використання цих засобів є обов'язковим при виконанні робіт, що пов'язані з ризиком травм.

2. Особливі аспекти охорони праці в механообробці:

- Безпечне використання верстатів: Працівники повинні мати належну підготовку для роботи з верстатами, включаючи знання про правила експлуатації, обслуговування та усунення неполадок.

- **Контроль за відпрацюванням інструментів:** Регулярна перевірка та обслуговування інструментів для підтримання їхньої ефективності та безпеки.

- **Заходи безпеки під час обробки матеріалів:** Враховувати особливості матеріалу виготовлення валу при виборі методів обробки та взаємодії з хімічними речовинами.

3. Відповідність нормативно-правовим актам:

- **Дотримання стандартів та вимог охорони праці:** Організація повинна забезпечити виконання всіх вимог законодавства та нормативних актів у сфері охорони праці.

4. Навчання та тренінги:

- **Постійна професійна підготовка:** Регулярне навчання і тренінги з питань охорони праці для всіх працівників діляниці.

5. Запобігання нещасним випадкам:

- **Планування заходів у випадку аварій:** Розробка планів дій у випадку аварійних ситуацій та навчання працівників їх виконанню.

6. Ведення документації:

- **Фіксування інцидентів та інспекцій:** Регулярне ведення журналів інцидентів, а також документація результатів інспекцій та перевірок безпеки.

Загальна ідея полягає в тому, щоб створити безпечне та здорове робоче середовище для працівників, дотримуючись всіх необхідних нормативів і забезпечуючи відповідну підготовку та оснащення для виконання їх професійних обов'язків.

Висновок

У рамках кваліфікаційної роботи було детально розглянуто та проаналізовано процес проектування механообробної дільниці для виготовлення деталі "розподільний вал". Виходячи з проведених досліджень та розрахунків, можна зробити наступні висновки:

1. Вибір технологічного процесу: Було розроблено оптимальний технологічний процес виготовлення розподільного валу, який враховує сучасні вимоги до точності та якості деталей. Зокрема, визначено основні етапи механічної обробки, включаючи токарну обробку, фрезерування, шліфування та контроль якості.

2. Підбір верстатного парку: Обґрунтовано вибір обладнання для механообробної дільниці, включаючи сучасні верстати з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Це дозволить забезпечити високу продуктивність та точність обробки деталей, а також зменшити час на виконання операцій і знизити витрати на виробництво.

3. Проектування робочих місць: Проведено розрахунок кількості робочих місць та визначено оптимальні умови для розташування обладнання на дільниці. Це сприяє ефективній організації праці та підвищенню продуктивності робітників.

4. Впровадження інноваційних технологій: Запропоновано використання новітніх технологій і матеріалів, що дозволяє покращити експлуатаційні характеристики розподільного валу, збільшити його надійність та довговічність.

5. Забезпечення охорони праці: Розроблено заходи з охорони праці та безпеки на виробництві, що включають захист працівників від шкідливих факторів, створення безпечних умов праці та забезпечення дотримання нормативних вимог.

6. Економічна ефективність: Проведений економічний аналіз показав, що впровадження запропонованих рішень сприятиме зниженню витрат на

виробництво, підвищенню конкурентоспроможності продукції та поліпшенню фінансових показників підприємства. Таким чином, проведена робота дозволяє значно підвищити ефективність процесу виготовлення розподільного валу та забезпечити високу якість кінцевої продукції.

Впровадження розроблених рекомендацій у виробничий процес сприятиме зростанню продуктивності праці, підвищенню рівня технічного оснащення підприємства та поліпшенню умов праці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Когут М. С. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні : підручник / М. С. Когут. – Львів : Вид-во ДУ «Львівська політехніка», 2000. – 352 с.
2. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Проектування машинобудівних виробництв» зі спеціальності 131 Прикладна
3. Дусанюк Ж. П. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Савуляк, О. В. Сердюк. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 148 с.
4. Джур Є. О. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина : навч. посіб. / Є. О. Джур, О. В. Бондаренко. – Д.: «Інновація», 2011. – 109 с
5. Анур'єв В.І. Довідник конструктора-машинобудівника, М., Машинобудування, 1980, т.1, 2, 3.