

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії  
Кафедра машинобудування та прикладної механіки

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
до дипломної роботи

Бакалавр

*(освітньо-кваліфікаційний рівень)*

на тему: Проектування та розробка технологічного процесу  
обробки валу привода поршневого компресора

Студента IV курсу групи ГМ-17да  
напряму підготовки: 133 Прикладна механіка

i

Зубков С.Ю.

*(прізвище та ініціали)*

*(підпис)*

Керівник роботи

к.т.н. Логунов О.М.

*(вчене звання, науковий ступінь,  
прізвище та ініціали)*

*(підпис)*

Завідувач кафедри

проф., д.т.н. Соколов В.І.

*(вчене звання, науковий ступінь,  
прізвище та ініціали)*

*(підпис)*

Сєверодонецьк – 2021

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет інженерії

Кафедра машинобудування та прикладної механіки

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Напрямок підготовки 133 - Галузеве машинобудування

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри**  
**д.т.н., проф. Соколов В.І.**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Зубков Станіслав Юрійович

*(прізвище, ім'я, по батькові)*

1. Тема роботи **«Проектування та технологічний процес обробки валу привода круглошліфувального верстата»**

керівник роботи к. т. н., доц. Логунов О.М.

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

затвержені наказом по університету від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 року \_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи

3. Вихідні дані роботи Діаметри деталі  $d_{d1}$ ,  $d_{d2}$ , мм. Довжина деталі  $l_d$ , мм.

Матеріал деталі. Маса деталі  $M_d$ , кг.

Програма випуску деталей на рік,  $N$ , штук/рік.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Реферат. Вступ. Опис технологічного обладнання. Розробка технологічного процесу деталі «Вал».

Висновки. Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Робоче креслення деталі «Вал». 2. Кінематична схема шпиндельної бабки. 3. Робоче креслення заготовки.

6. Консультанти розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «    » \_\_\_\_\_ 2021 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Згідно з календарним планом – графіком, затвердженим кафедрою машинобудування та прикладної механіки, що до виконання бакалаврських робіт		

Студент

.....  
(підпис)

Зубков С.Ю

.....  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

.....  
(підпис)

Логунів О.М.

.....  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка до дипломного проекту містить:  
сторінок , таблиць , рисунків .

У бакалаврській роботі виконана тема: «Проектування та технологічний процес обробки валу привода поршневого компресора»

В даній бакалаврській роботі надано огляд конструкцій поршневих компресорів, надано їх класифікацію за кількістю та способом розташування циліндрів.

Розроблено технологічний процес механічної обробки деталі «Вал». Обрано тип заготовки, метод її отримання та розраховано основні розміри заготовки з виконанням робочого креслення, визначено тип виробництва. Розроблено маршрутний технологічний процес обробки деталі, виконано розрахунок режимів різання аналітичним та табличним методом;

					ПМЕ17Д.008.000.000.ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	Зубков				<b>РЕФЕРАТ</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Перев.</i>	Логунов						1	
<i>Реценз.</i>						СНУ ім. В.Даля <sup>4</sup> кафедра МПМ		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>	Соколов							

## ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	10
1.2.1 Принцип дії компресора поршневого типу	10
1.3.1 Основні деталі і конструктивні особливості поршневих компресорів	10
1.4.1 Типи поршневих компресорів	10
1.5.2 Коаксіальні поршневі компресори	13
1.5.3 Компресори безмасляні	15
1.5.4 Масляні компресори, оснащені прямим приводом	
1.5.5 Масляні компресори на ремінному приводі	
1.5.6 Ремінні поршневі компресори	
1.5.7 опозитні компресори	
1.5.8 Компресори бескрейцкопфние і крейцкопфні	
1.6.1 Конструкція поршневого компресора	
1.6.2. Переваги і недоліки компресорів поршневого типу	
1.6.3 Недоліки, властиві компресора поршневого типу	
1.6.4 Застосування поршневих компресорів	

					<b>ГМ17Д.025.000.ПЗ</b>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		Зубков			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Перев</i>		Логунов			4	2	17
<i>Реценз.</i>					<i>СНУ ім. В.Даля</i>		
<i>Н. Контр.</i>					<i>кафедра МПМ</i>		
<i>Утверд.</i>		Соколов			5		
<b>ЗМІСТ</b>							

2. ПРОЕКТНО – КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	21
2.1. Загальні характеристики та вимоги до деталей типу «Вал»	21
2.2. Характеристика ведучого валу привода головного руху верстату	27
2.3. Розрахунок силового параметру приводу	29
2.4. Матеріал деталі	29
2.5. Розрахунок розмірних параметрів валу	29
2.5.1. Визначення розмірів першої ступені валу	29
2.5.2. Розрахунок ширини шківу	30
2.5.3. Визначення діаметру другої ступені валу	32
2.5.4. Вибір підшипників.	33
2.5.5. Визначення розмірів другої ступені валу	33
2.5.6. Визначення розмірів третьої ступені валу	34
2.5.7. Визначення розмірів четвертої ступені валу	34
2.6. Зведені розміри ступенів валу	35

					ГМ17Л.025.000.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	докум.	дпис	аДа		

## 1. Теоретична частина

Поршнева компресійна установка являє собою компресор об'ємного дії, оснащений поршневою системою стиснення. Даний тип компресорів одним з перших став застосовуватися на виробництві-, зараз агрегати активно використовуються як в промисловому виробництві, так і в напівпромислових і побутових цілях.

Поршневий компресор стискає і подає повітря або рідини, такі як масла, холодоагент та інше під тиском. Поршневі компресори можна найчастіше бачити там, де застосування пов'язано з високим тиском.



Рис. 1. Зовнішній вигляд поршневого компресора

Основні елементи конструкції поршневого компресора представлені робочим циліндром, поршнем, клапанами (нагнітальним і усмоктувальним), які знаходяться в кришці циліндра. Необхідний тиск середовища в компресорі даного

					ГМ17Д.025.000.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		6
						7

типу створюється за допомогою поступальних рухів поршня. Кривошипно-шатунний механізм в сукупності з колінчастим валом змушують поршень здійснювати зворотно-поступальні рухи.

Компресори даного типу можуть бути оснащені одним або декількома циліндрами, які розташовуються горизонтально / вертикально / V- / W-образно. Дані агрегати можуть бути одинарної дії або подвійної (якщо поршень працює обома сторонами), а також відрізнятися за типом стиснення: багатоступінчастого або одноступінчастого.

В обладнанні такого типу, як правило, передбачено автоматичне регулювання продуктивності, з метою забезпечити постійний рівень тиску в трубопроводі. Найпростіший спосіб регулювання це змінити частоту обертання валу компресора.

Поршневі компресорні установки відрізняються різноманітністю видів і на ринку представлені найрізноманітніші варіанти для будь-яких промислових потреб. Існує безліч ситуацій, в яких поршневі насоси є оптимальним рішенням:

Недоліки:

- потреба в компресорі малої продуктивності
- (поршневі компресори успішно справляються з такими ситуаціями)
- використання в складних умовах, таких як брудні роботи, підвищена вологість, перепади температури (при розфасовці цементу, на млинах, складах вугілля);

- стиснення агресивних газів; при нагнітанні високого рівня тисків поршневі агрегати працюють в конструкції, оснащеної одним поршнем, так і в системі з двома і більше (до 40 атмосфер). переваги:

- відносно недорогі нескладне технічне обслуговування (легко зрозуміти внутрішній механізм роботи) підходить для високого тиску

									Лист	
Изм.	Лист	№ докум.№	ПідписПі	Дат	ГМ17Д.025.000.ПЗ					55



Недоліками є менший рівень економічності, більш часті поломки і гучність.

### 1.2.1 Принцип дії компресора поршневого типу

Принцип дії поршневого компресора з горизонтальним розташуванням циліндрів

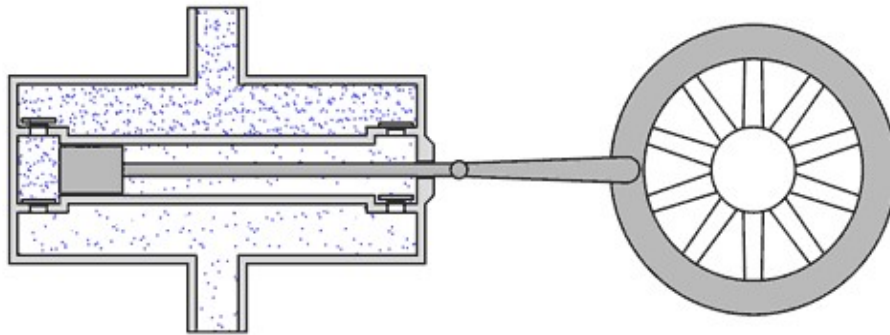


Рис. 2 Схема поршневого компресора

Принцип функціонування поршневої компресорної установки досить нескладний. Класична модель агрегату складається з корпусу (виконаного з чавуну), циліндра (розташованого горизонтально / вертикально / під нахилом), поршня, клапанів (всмоктуючого і нагнітального).

До складу поршневих компресорів входить робочий циліндр і поршень, клапани (всмоктувальний з нагнітальним), які знаходяться в кришці циліндра. Щоб повідомити зворотно-що надходять руху поршня, в роботу підключається кривошипно-шатунний механізм з колінчастим валом.

Поршень заводить прямий привід кривошипно-шатунного механізму, і при зворотно-поступальних рухах стискає повітря атмосфери, а потім виштовхує його в область приєднаної магістральної лінії. Нижче наведена схема роботи поршневого компресора:

					ГМ17Д.025.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

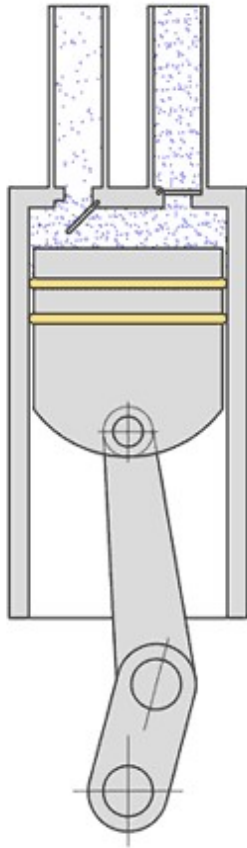


Рис. 3 Схема компресора з вертикальним розташуванням циліндра

Один оборот вала приймається зазвичай за два ходи поршня. У кожному циліндрі при одному обороті вала встигає відбутися повний робочий цикл компресора. При ході поршня вправо в конденсаторі над поршневим простором утворюється розрідження, пари холодоагенту через клапан всмоктуються в циліндр. При ході поршня назад пари стискаються, тиск наростає. Всмоктувальний клапан закривається, стислі пари виштовхуються в конденсатор, виштовхуються через нагнітальний клапан. Потім поршень змінює напрямок руху, нагнітальний клапан закривається, а компресор знову відсмоктує пари з випарника. Весь робочий процес повторюється циклами знову і знову.

Вільний простір, що утворюється в порожнині циліндра при опусканні поршня, розряджає повітря. Утворений перепад тиску відкриває впускний клапан,

					ГМ17Д.025.000.ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

який дозволяє повітрю увійти в камеру, де відбувається його стиснення. Після перетину поршнем точки повороту, що відповідає максимальному об'єму камери стиску, відбувається закриття впускного клапана, слідом за чим відбувається зростання тиску повітря.

Чим менше об'єм камери, тим більше тиск повітря. При досягненні заданих меж, відкривається нагнітальний клапан. Стиснене повітря залишає в цей момент порожнину камери.

З метою зниження зносу циліндрових стінок і поршня в вузол циліндра подають масло, що веде до погіршення якості повітря, що подається, до якого підмішуються дрібні частинки масла. Тому в разі використання технологією виробництва чистого повітря, необхідно встановити сепаратор для масла в лінії подачі. Сепаратор допомагає прибрати з повітряного потоку частинки масла.

Застосовувані на заводах і промислових підприємствах поршневі компресори не повинні працювати по одному, їх купують зазвичай по два. При нормальному робочому режимі один з них в резерві, може перебувати на технічному обслуговуванні або в ремонті, а другий, природно, буде служити в цілях свого промислового призначення.

### **1.3.1 Основні деталі і конструктивні особливості поршневих компресорів**

Поршневі компресорні установки являють собою найбільш поширений вид устаткування, який здатний стискати повітря. Принцип роботи полягає в тому, що циліндр засмоктує певну кількість повітря, який потім стискає поршень при русі. Для стиснення можливо використовувати обидві сторони поршня (так званий принцип подвійної дії). Двоступенева поршнева компресорна установка виробляє повітря з високими показниками якості і активно застосовується в виробничих процесах, де існують суворі вимоги до дотримання технологій.

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

Ключовими складовими конструкції поршневого компресора є поршень, циліндр, камера, колінчастий вал, кривошипно-шатунний механізм, клапани (впускний і випускний), а також привід (електричний, бензиновий або дизельний).

Конструкція даних компресорів є простою, ремонт і заміна запасних частин доступною. Проте, таке обладнання має потребу в регулярному профілактиці.

### 1.4.1 Типи поршневих компресорів

В даний час на ринку представлена велика різноманітність модифікацій поршневих компресорів. Існує безліч моделей одноступінчатих, багатоступеневих компресорів, одностороннього, двостороннього всмоктування, сальникових та безсальниковим агрегатів та ін. Ряд поршневих компресорів необхідно змащувати мінеральними маслами, інші цього не потребують. Основні моделі поршневих компресорних установок можна класифікувати за типом приводу, рівню кінцевого тиску, кількості ступенів стиснення і виду виконання.

Можна виділити наступні типи поршневих компресорів:

- одинарного (бескрейцкопфние) або подвійної дії (крейцкопфні);
- масляні і безмасляні (сухого тертя або сухого стиснення);
- горизонтальні, вертикальні, кутові по розташуванню циліндрів
- за кількістю ступенів - багатоступінчасті, одноступінчасті.
- з різною кількістю циліндрів.

За типом приводу компресори діляться на установки:

					ГМ17Д.025.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		9

-з прямим приводом (забезпечують істотну економію електричної енергії, демонструє більш низький рівень шуму щодо агрегатів сушіння, і мають більш високий показник ККД);

-з ремінним приводом (демонструють менші динамічні навантаження при запуску завдяки прослизанню пасової передачі).

За рівнем тиску на виході поршневі компресори діляться на агрегати низького тиску (діапазон від 5 до 12 бар), середнього (діапазон від 2 до 100 бар) і високого (діапазон від 0 до 1000 бар).

За кількістю ступенів стиснення поршневі компресорні установки бувають багатоступінчастими, двоступінчастими і одноступінчастими. У компресорах багатоступінчастого стиснення важливо не допускати надмірного підвищення температури стиснення газу (не більше 180 ° С), так як існує небезпека вибуху і загоряння.

По виду виконання дані агрегати діляться на стаціонарні установки і мобільні (пересувні).

Матеріал корпусу - чавун. У корпусі розташовані циліндр і картер. Колінчастий вал знаходиться в картері. Масло для змащення деталей заливають в нижню частину картера. У підшипниках знаходяться корінні шийки колінчастого вала. Сальник як ущільнення шийки вала від витoku холодоагенту. Маховик напресован на шийці вала. Обертання від електродвигуна через ремінну передачу.

Поршневий компресор в розрізі зображено на рисунку 4.

					ГМ17Д.025.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		10

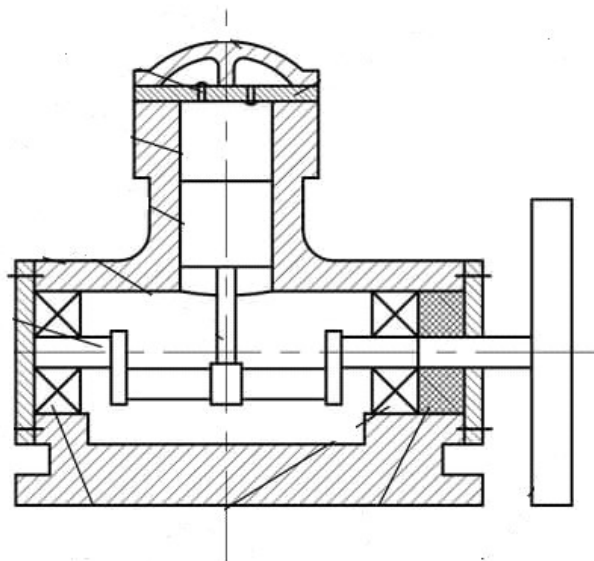


Рис. 4 Поршневий компресор в розрізі

Шатун і поршень з'єднують поршневим пальцем рис 4 Рух поршня до крайнього положення циліндрів на значення 2-го радіусу кривошипа.

Ущільнення поршня: кільця. Пари холодоагенту не потрапляють в картер.

Всмоктуючий і напірний клапан в камерах на голівці циліндра.

Призначення: перекривають отвори між камерою і циліндром.

Підключення випарника з всмоктуючим трубопроводом, конденсатор з нагнітальним трубопроводом.

По виду розташування в установці циліндрів поршневі компресори поділяють на вертикальні, горизонтальні та кутові. Рис 5

					ГМ17Д.025.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		11

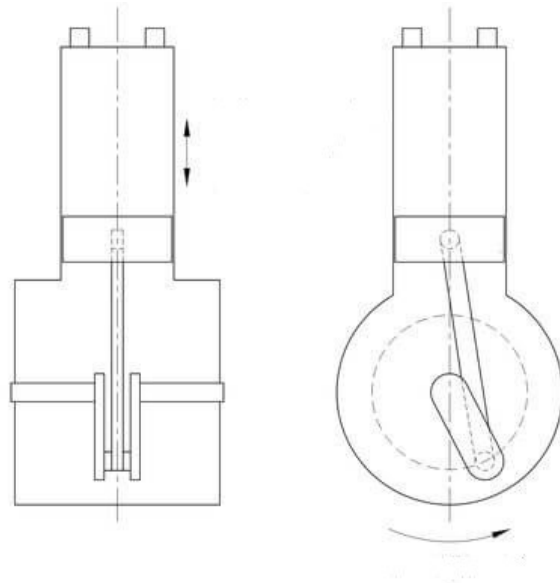


Рис. 5 «Схема руху напрями поршня, кутове розміщення»

Циліндри можуть розміщуватися в одних рядах вертикально, в інших - горизонтально. У цьому випадку мова про прямокутних компресорах. Розташування циліндрів буває V-образним і W-образними (компресори бувають по розташуванню циліндрів відповідно V- і W-образними).

У-подібне розташування циліндрів:

- Компресори для повітря
- холодильні одноступінчасті (аміак або фреоне)
- холодильні двоступеневі (аміак)

### **Вертикальне розміщення.**

У вертикальних установок циліндри розташовані вертикально. Кількість циліндрів визначає область застосування компресора і тиску на нагнітання. На малюнку нижче представлений крейцкопфний компресор подвійної дії. На рамі (матеріал: чавун, лита) зафіксовані циліндри в кілька рядів. Скільки рядів стільки

					ГМ17Д.025.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		12

колін у колінчастого вала, розташованого на корінних підшипниках. По довжині клонували і відстані між циліндрами підбирають необхідну кількість підшипників. Привід від електродвигуна за допомогою муфти або клиноремінною передачі. Маховик - це полумуфта на валу. Шків приводу змонтований на торцевій частині вала.

Клапани на всасе і нагнітанні - пластинчасті, автоматичні. Такі компресори можуть бути виготовлені з одного до чотирьох ступенів стиснення і мати одно- і дворядне виконання.

Вертикальний дворядний двоступеневий компресор Рис. 6

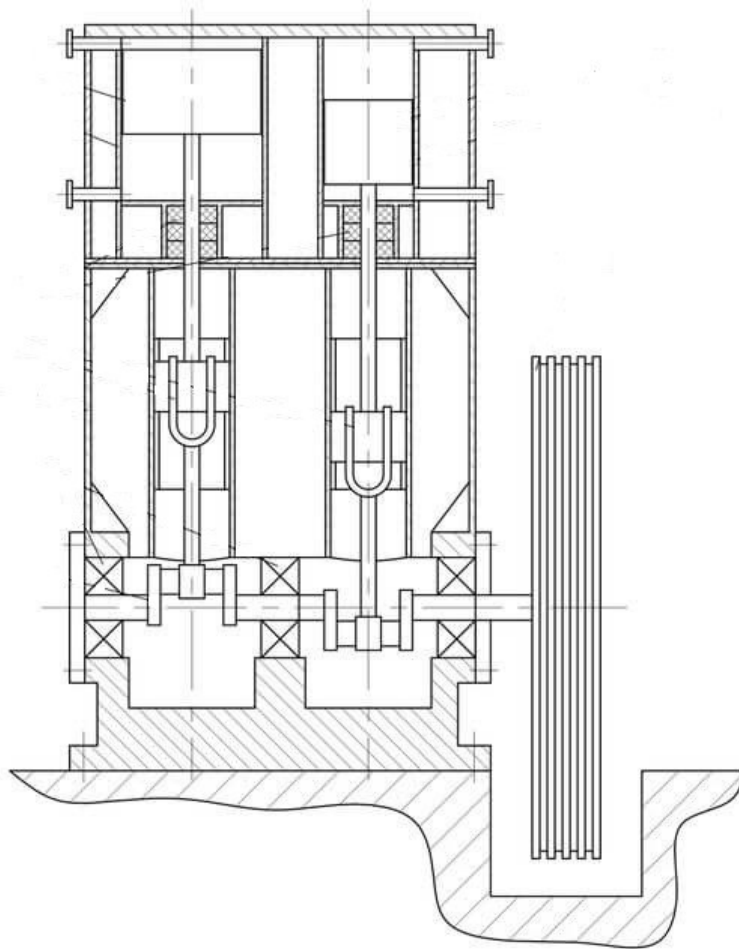


Рис. 6 Вертикальний дворядний двоступеневий компресор

									Лист
									15
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат	ГМ17Д.025.000.ПЗ				



## Горизонтальне розміщення.

У горизонтальних компресорних установок циліндри можуть розміщуватися як з одного боку, так і з двох на колінчастому валу.

### **опозитноє виконання**

(Розташування циліндрів з двох сторін на колінчастому валу) поршневих компресорів середньої і високої продуктивності - це результат технологічного прогресу. Поршні рухаються на зустріч один одному. Таким компресорів притаманні висока динамічність і врівноваженість, компактність і невелику вагу.

Установки з невеликої або середньої продуктивністю мають прямокутну конструкцію і У-образне розміщення циліндрів. Завдяки покращеній продуктивності, опозитніє компресори частіше використовуються, ніж стандартні пристрої.

Наведемо приклад горизонтального крейцкопфний компресора подвійної дії з опозитним розміщенням циліндрів. Поршні рухаються у взаємно-протилежному напрямку. Такі конструкції компактні, мають велику швидкість роботи. Монтаж таких установок нескладний завдяки зручному розташуванню апаратура між ступенями і магістралями. Частина компресора при постачанні можуть поставлятися укрупненими вузлами-блоками.

Горизонтальний опозитний чотирьохрядний багатоступінчастий компресор рис. 7

					ГМ17Д.025.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		174

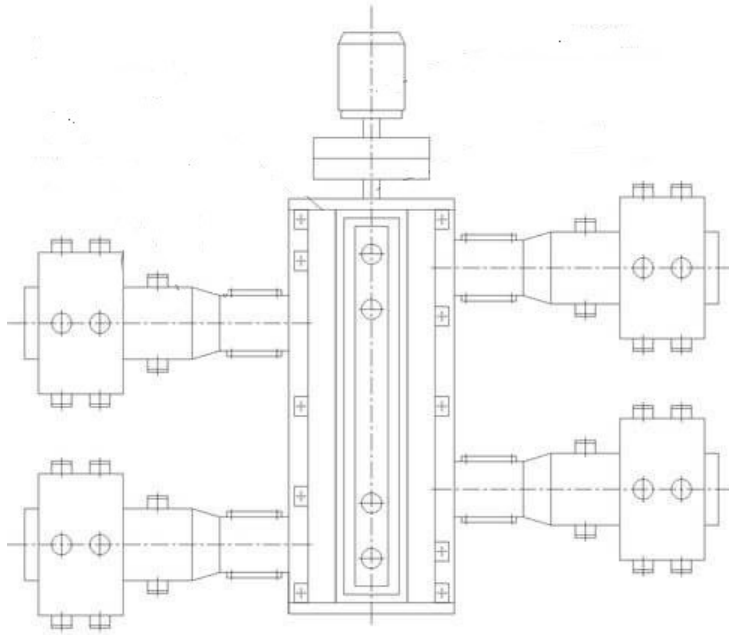


Рис. 7 Горизонтальний опозитний чотирьохрядний багатоступінчастий компресор

Циліндри в опозитних компресорах можуть розташовуватися в 2-, 4-й 6 рядів. Див. 7 Малюнок вище. Відпрацьоване масло в нижній частині рами коробчатої форми (матеріал чавун, лита). Перегородки, розташовані поперек ребра, стяжки і розпірки зверху створюють жорсткість рами підстави. За кількістю рядів циліндрів підбирають корінні підшипники, їх може бути 3, 5 і 7 відповідно. 2 наполегливі підшипника мають вкладиші з тонкими стінами і розташовані у приводу.

Великі компресори, у яких 8 рядів циліндрів від іноземних заводів виробників мають 2 окремі рами (коробчатая форма). Приводний механізм розміщується між рамами. Напрямні крейцкопфів змонтовані з кожного боку рами і прикріплені до фланців, розташованим вертикально. Хитні опори використовують для монтажу напрямних до рами в невеликих компресорах.

					ГМ17Д.025.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		15

Опорні лапи з жорстким кріпленням потрібні для напрямних в інших компресорах.

Кількість рядів циліндрів збігається з кількістю шатунних шийок на КОЛІНВАЛИ. Кріплення шатунних шийок на 180 ° по парам (щока загальна). У компресорах з 4 рядами розворот пари шатунних шийок на 90 ° щодо іншої. Якщо 6 рядів, то розворот вже на 120 °.

Чавун використовують в якості матеріалу литих циліндрів для перших 3х ступенів. Кришки циліндрів мають сорочки з водяним охолодженням. Виняток 1а ступінь холодильного компресора. Сталь (ковані циліндри) йде в якості матеріалу в інших щаблях. Для охолодження використовують роз'ємні кожухи. Залежно від розмірів і кількості циліндрів в ряду у них 1 або 2 коливаються опори. Клапани зазвичай встановлюють прямоточні.

Компресор приводиться в дію від електродвигуна з нерознімним ротором. Ротор - консольний кінець вала, а нероз'ємний статор - фундамент. Іноді на деяких типах компресорів ротор може бути на приставному валу.

Поршні. На перших 3х ступенях стиснення поршень подвійної дії, виготовлений обточуванням (ковзний тип). На наступних щаблях ставлять диференціальні поршні. Складові частини сальникового ущільнення - це сальник, предсальник і маслозйомник.

Клапани. Деякі конструкції і типи клапанів більш відповідають наявним умовам експлуатації, ніж інші. Для роботи в холодильних компресорах і деяких повітряних більш підходять смугові клапани на всасе. Для роботи з воднем використовують грибкові клапани, пластинчасті клапани з прорізами і клапани з концентричними кільцями як найбільш надійні. Кільцевий тип клапанів застосовується для інших випадків. Клапани на нагнітанні прямоточного типу. Дискові і пластинчасті клапани застосовують на ступенях високого тиску і при роботі з коксівним газами з домішками. Компресорні клапани можуть бути найбільшою єдиною причиною незапланованих зупинок поршневих компресорів.

					ГМ17Д.025.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19 17

У великих компресорів 2 окремі рами з 2 колінчатими валами з фланцевим підключенням до ротора електродвигуна. Вал у ротора змонтований на 2х підшипниках, які кріплять до фундаменту. Роз'ємний статор монтується на фундамент.

Один колінчастий вал в компресорах з 2ма рамами середнього класу мають у своєму розпорядженні на підшипниках обох рам електродвигуна. На ньому між рамами монтують роз'ємний ротор. Вал повертають вручну або електроприводом для цього на торці колінчастого вала з іншого боку від електродвигуна встановлюють храпове колесо. Ротор приводу може бути розміщений і на виносній частини вала, при наявності виносного підшипника.

Для робочих частин застосовується циркуляційна система мастила. Лубрикатор змащує олією циліндр і сальник. Насос з'єднаний з електродвигуном через муфту, лубрикатор з'єднується за допомогою редуктора. У компресорів цього класу напрямні, крейцкопф, шатуни, корінні і шатунні підшипники і інші складові частини кривошипно-шатунного механізму з однаковими розмірами.

### **1.5.1. Типи / види і конструкції поршневих компресорів**

Будь-який тип компресора або установки компресорної призначений для стиснення, подачі повітря (будь-якого газу) під тиском. Поршневим називається компресор, поршень якого робить зворотно-поступальні рухи, перебуваючи в циліндрі.

У країнах СНД віддають перевагу поршневим компресорів, найбільш відомим серед машин, що мають продуктивність <100 куб. метрів в хвилину.

Відомі поршневі компресори наступних типів Рис 8:

					ГМ17Д.025.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		48



Рис. 8 Коаксіальні поршневі компресори

### 1.5.2 Коаксіальні поршневі компресори

Для коаксіальних компресорів характерно те, що муфта з'єднує коленвал з електричним приводом, що забезпечує виключення втрат потужності внаслідок тертя. Конструктивне виконання даних компресорів досить компактно. Дані компресорні агрегати відрізняються методами мастила. Циліндропоршкову групу безмасляних компресорів даного типу змащувати не треба. Стиснене повітря на виході подібних пристроїв не має масляних домішок. Апарати такого типу популярні в харчовій промисловості, фармацевтиці, медичних галузях. У масляних ж коаксіальних компресорах застосовують мінеральне компресорне масло як мастило. За рахунок цього у даного компресора досить високий ресурс. Коаксіальні компресори працюють в періодичному режимі, тобто 20 хвилин в роботі, 40 хвилин становить перерву. Робочий тиск одно при цьому восьми барах. Потужність двигуна дорівнює приблизно 2,25 кВт, продуктивність же може досягати 200 л / хв. До основних переваг даних насосних пристроїв можна віднести малогабаритність, легкість, відносно низьку вартість. Коаксіальні компресори поділяються на безмасляні і масляні поршневі компресори.

### 1.5.3 Компресори безмасляні

					ГМ17Д.025.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		418

Цей тип компресорів прийнятний для систем, в яких обов'язковою умовою є подача чистого повітря. У повітрі не повинно бути домішок масляної емульсії. Двигун для безмасляних компресорних пристроїв випускається з потужністю 1,1 кВт, вони оснащуються також ресиверами різного об'єму. Даний тип компресора має свої позитивними особливостями:

- невеликого розміру;
- нечасте обслуговування;
- транспортування і переміщення здійснюється в будь-якому положенні.

Від масляного компресорного пристрою безмасляний компресор відрізняється тим фактом, що повітря і мастильна засіб в ньому «існують окремо». Додаткове очищення сприяє забезпеченню високої якості вихідного потоку. Безмасляні компресори поділяються, в свою чергу, на такі види:

-автомобільний безмасляний компресор являє собою компактний агрегат для підкачки шин. Зазвичай він не оснащується ресивером і працює від акумулятора.

-побутової компресор, який застосовується для роботи з пневматичним інструментом, наприклад, з краскопультами. Безмасляні компресори поршневого конструктивного виконання є окремою категорією, здійснюючи, наприклад, високоякісне фарбування, досягаючи при цьому ідеально пофарбованої поверхні. При використанні осушувачів компактного типу, для яких параметр точки роси не повинен бути вище 70 ° С, повністю видаляється волога з стисненого повітря і виключається потрапляння її на фарбується компресором поверхню.

Цей факт сприяє збільшенню корозійної стійкості матеріалів для лакофарбових покриттів. Більшість імпортованих автомобілів і частина машин російських виробників фарбуються на заводах за допомогою безмасляних компресорів, що мають адсорбційні осушувачі.

					ГМ17Д.025.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		19 22



### 1.5.5 Масляні компресори на ремінному приводі

В ресивер даного компресора, якщо він є, можна вмістити від 25 до максимально 100 л повітря, а потужність двигуна дорівнює приблизно 1,5-15 кВт. Завдяки ремінному приводу частоту обертання двигуна можна зменшити, мають різну величину. Першим поршнем повітря стискається попередньо, другий поршень доводить повітря до потрібного тиску. Дані компресори використовуються у випадках споживання великої кількості повітря. Надійна система охолодження запобігає двигун від надмірного перегріву і зносу. Це дозволяє використовувати двигун компресора в постійному режимі роботи.

### 1.5.6 Ремінні поршневі компресори

Для ремінних компресорів характерно те, що ремінна передача з'єднує коленвал з електроприводом, що забезпечує високу продуктивність і тривалість експлуатації. Компресори даного типу можуть працювати по кілька годин, причому безперервно. Вони застосовуються найчастіше в будівництві, в шиномонтажних майстернях, на станціях технічного обслуговування. Потужність двигуна дорівнює приблизно 2,25 - 5,5 кВт. Продуктивність компресора може досягати 500 л / хв., Робочий тиск досягає 16 бар, в деяких випадках доходить до 30 бар. Позитивний момент полягає в стисненні повітря до необхідних значних параметрів.

Розташування циліндрів в компресорах дозволяє поділити їх на вертикальні компресори, компресори горизонтального типу і кутові компресорні пристрої.

					ГМ17Д.025.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		21



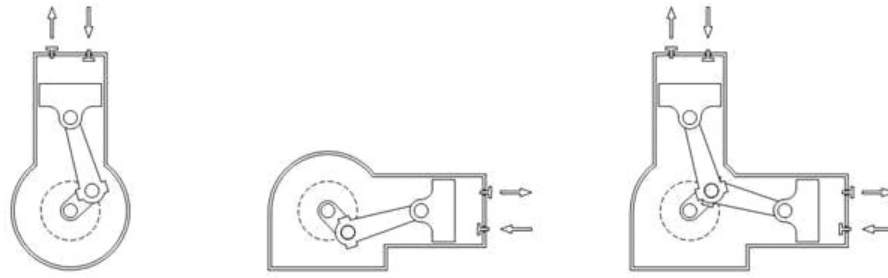


Рис. 9 Розташування циліндрів в компресорах

До вертикальних компресорних пристроїв відносяться ті, циліндри яких розташовані вертикально. Рис 9

У горизонтальних компресорів циліндри можуть бути розміщені з одного боку валу, відповідно, вони називаються горизонтальними компресорами з одностороннім розміщенням циліндрів. Якщо ж циліндри розташовуються по обидва боки валу, то компресори зветься компресорів з двостороннім розміщенням циліндрів. Рис 10

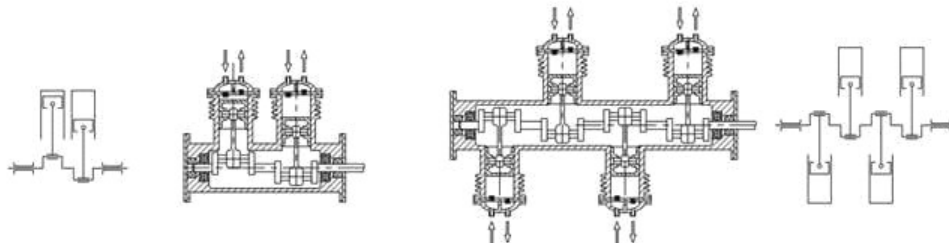


Рис 10 «Горизонтальний з одноступінчатим розміщенням циліндрів і двоступінчатим»

У кутових компресорів циліндри розміщені в одних рядах вертикально, а в інших - горизонтально. Це прямокутні компресори. У кутових компресорів циліндри можуть бути нахилені, встановлені V-образно і W-образно. Такі компресори зветься, відповідно, V- і W-образних компресорів. Рис. 1.10

					ГМ17Д.025.000.ПЗ	Лист 25
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		22

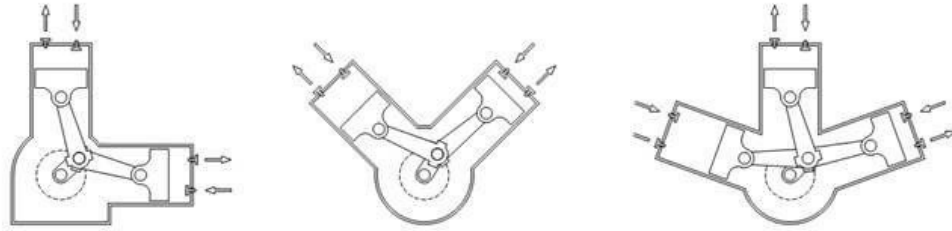


Рис. 11 Прямокутний, V-образний, W – образний тип

### 1.5.7 Оппозитні компресори

Оппозитне виконання типово для компресорів з великої і середньої продуктивністю. Оппозитні компресори - це горизонтальні пристрої, оснащені поршнями, які здійснюють зустрічні руху. Циліндри їх розміщені по обидва боки клонували. Дані поршневі компресори високо динамічною, врівноважені, мають малі габарити і невелика вага. Завдяки цьому оппозитні компресори майже зовсім витіснили великогабаритні горизонтальні компресори. Рис 1.11

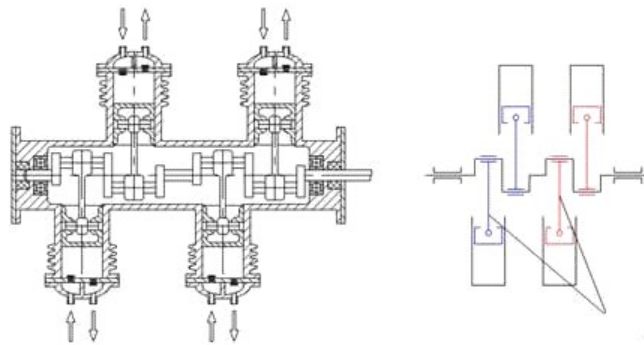


Рис 12 Оппозитний компресор

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ГМ17Д.025.000.ПЗ

Лист

23  
26

Компресорні пристрої з малої і середньої продуктивністю є, як правило, прямокутними і компресорами з У-подібною конфігурацією циліндрів.

### 1.5.8 Компресори бескрейцкопфні і крейцкопфні

Серед сучасних конструкцій поршневих компресорів слід розрізняти бескрейцкопфні і крейцкопфні.

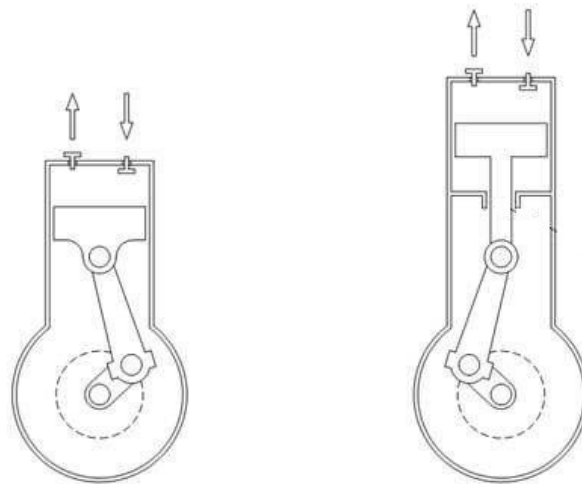


Рис. 13 Бескрейцкопфний компресор і крейцкопфний

У бескрейцкопфних компресорів обертальний рух приводу перетворюється в поступальний рух поршня інакше Рис. 13.

якщо порівнювати з крейцкопфними компресорами. Бескрейцкопфні компресори мають багато позитивних моментів:

					ГМ17Д.025.000.ПЗ	27 Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		24

- вони компактні;
- мають порівняно простий механізм руху;
- невелика вага;
- єдину систему мастила.

Поряд з позитивними моментами у компресорів даного типу є вагомий недолік: відбувається витік газу в картер через поршень. Як наслідок, картер знаходиться в роботі під тиском, а масло в ньому контактує з перекачується маслом. Бескрейцкопфние компресори бувають тільки одинарної дії. Це не дає можливості ефективно задіяти циліндр.

Тому компресори великої потужності і високого тиску, а також горизонтальні компресори виготовляються завжди крейцкопфний. Рис 14.

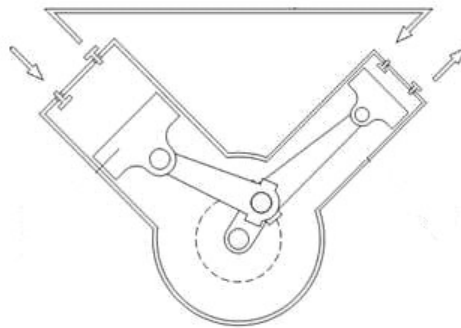


Рис 14 Двоступінчатий поршневий компресор

На додаток до вище описаної класифікації компресорів згрупуємо поршневі компресори за певними ознаками:

1. відповідно до принципу функціонування компресори поділяються на компресори з циліндрами простого і подвійного дії. Диференціальними циліндрами укомплектовують тільки багатоступінчасті компресори;

2. за кількістю ступенів - з одним ступенем, двоступеневі, триступінчаті компресори і більш. Максимальне число ступенів в сучасних компресорах, як правило, сім;

3. за кількістю циліндрових вузлів - одно-, дво-, трициліндрові і з великою кількістю циліндрів;

4. за кількістю рядів з розташованими циліндрами: однорядні, дворядні і багаторядні;

5. по розміщенню циліндрів в площині - кутові компресори та компресори з U-подібним розміщенням циліндрів;

6. опозитні компресори: горизонтальні пристрої, оснащені поршнями, які здійснюють зустрічні руху;

7. за типом охолодження: з водяним і повітряним. Водяним охолодженням комплектуються компресори, як правило, великий продуктивності;

8. по продуктивності - міні-компресори, компресори малої, компресори середньої продуктивності і компресори великої продуктивності;

9. за кількістю поршнів: одне -, двох-і Трехпоршневі компресорні пристрої.

На сьогоднішній день для холодильних установок компресори поршневого типу залишаються найбільш прийнятними і поширеними типами компресорів. Вони також широко використовуються і в системах для кондиціонування повітря. Є такі види поршневих компресорів:

Герметичні компресори поршневі. У даного типу компресорів двигун безпосередньо спарений з самим компресором, перебуваючи в одному запаяному сталевому корпусі, виготовленому з листової сталі. Потік всмоктуваного газу охолоджує електричний двигун.

					ГМ17Д.025.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		26

Напівгерметичні компресорні пристрої. Двигун безпосередньо з'єднаний з компресором, вони розміщені в чавунному корпусі, де є доступ для технічного обслуговування або для виконання ремонтних робіт. Електродвигун охолоджує усмоктуване газоподібний холодоагент.

Відкриті компресорні пристрої. Компресор розміщується безпосередньо в чавунному корпусі, з якого виходить вал для під'єднання до окремого двигуна. Такий компресор оснащується аварійним датчиком електронного типу для визначення недостатності мастильного кошти.

### 1.6.1 Конструкція поршневого компресора

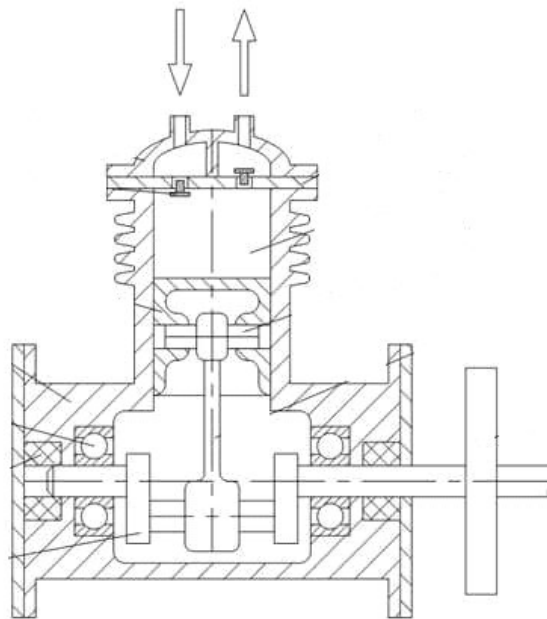


Рис 15 Конструкція поршневого компресора

У чавунному корпусі поршневого компресора розміщують циліндр і картер Рис 15, де сидить колінвал. У нижньому відсіку картера залита мастило для деталей, що труться поршневого компресора. Корінні шийки вала розташовані в підшипниках, нижня головка шатуна кріпиться до його шії.

Вихідна назовні з картера шийка вала ущільнюється сальником, щоб уникнути витоків, наприклад, холодоагенту, який може йти через зазор між валом і підшипником. На валу, скоріше на його шийці, сидить маховик, що обертається з валом заодно. Обертання здійснюється від електричного двигуна за допомогою пасової передачі.

Верхня головка шатуна пов'язана з поршнем за допомогою поршневого пальця. Відбувається обертання валу, при якому поршень поперемінно рухається від однієї крайньої позиції до іншої. Рух йде уздовж осі циліндра і становить величину подвійного радіуса кривошипа. На поршень насаджені кільця, які труться об циліндр і ущільнюють його робочу площину.

Головка прикриває верхній торець циліндра. Вона складається з 2-х камер: всмоктування і камери нагнітання. Кожна камера оснащена клапаном, назва якого відповідає назві камери: всмоктуючий і нагнітальний клапани. Камера всмоктування приєднана до всмоктуючого трубопроводу, сполученого з випарником, до камери нагнітання підключений напірний трубопровід, який з'єднується з конденсатором.

### **1.6.2. Переваги і недоліки компресорів поршневого типу**

На території країн колишнього радянського простору найбільш затребуваним є поршневе компресорне обладнання з показником продуктивності в межах 100 куб. м / хв. Це пояснюється цілою низкою переваг перед аналогами. Так, дане обладнання відрізняється економічністю, надійністю, простотою конструкції і простотою в ремонті. Поршневі компресори добре справляються з частими перемикаваннями, відмінно підходять для експлуатації з перервами, роботи в несприятливих умовах (при високому рівні вологості, брудному повітрі і т.п.). Даний тип агрегату може запускатися в роботу з будь-якого рівня початкового тиску і при цьому отримувати тиск на виході до 1000 бар і вище. Поршневе компресійне обладнання також здатне стискати будь-які типи газів (в тому числі агресивні, отруйні та вибухові) і є найбільш оптимальним рішенням для роботи на об'єктах, де необхідні невеликі обсяги стисненого повітря.

					ГМ17Д.025.000.ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		28

Переваги:

- низька ціна;
- полегшене конструктивне виконання;
- ремонтпридатність і тривалий термін роботи після ремонту;
- збільшення працездатності за рахунок сервісного обслуговування через 500 робочих годин;
- економічність;
- досить висока продуктивність;
- здатність підтримувати порівняно довго низьку продуктивність на одному рівні;
- порівняно легко функціонує в періодичному режимі, при частому включенні і виключенні агрегату.

### **1.6.3 Недоліки, властиві компресора поршневого типу**

- поршневий компресор сильно шумить і вібрує під час роботи, для його розміщення необхідно окреме приміщення, оснащене міцним бетонним фундаментом;
- низька продуктивність (до 5 куб. м повітря в хвилину);
- обмежена область використання внаслідок низької продуктивності;
- висока енергетична витратність;

					ГМ17Д.025.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		32 29



-часто здійснюється технічне обслуговування: максимальний інтервал між обслуговуванням становить 500 годин роботи;

-для проведення обслуговування або ремонту потрібно кілька фахівців.

#### **1.6.4 Застосування поршневих компресорів**

Компресори поршневого типу повсюдно використовуються і в сфері професійної, і в побуті. Як нагнітачі повітря, вони забезпечують роботу пневматичних пристроїв, наприклад, пневматичних гайковертів, фарбопультів і ін. Їх застосовують для підкачування шин на станціях техобслуговування.

Поршневий компресор зі своєю простою конструкцією являє собою найбільш поширений вид компресорного пристрою на сьогодні. Завдяки своїм технічним параметрам компресори даних типів застосовують в багатьох сферах промисловості: в машинобудуванні, харчовій галузі, хімічній та інших сферах промисловості.

Компресори поршневого типу використовують для пневмооборудовання, яке не вимагає високої витрати стисненого повітря в хвилину. Компресори даного типу незамінні також для отримання високих показників тиску стисненого повітря. Зручні вони у використанні, коли плануються часті зупинки і, відповідно, часті запуски обладнання. Іншими словами, вони стійкі до перехідних процесів, як включення / вимикання компресорного устаткування. Компресори даного типу незрівнянно показали себе в негативних експлуатаційних умовах (занижені або завищені температури) альтернатив.

					ГМ17Д.025.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		33 29



допуск биття торцевої поверхні 0,04 відносно бази Г - осі деталі.

Згідно технічних вимог вал виготовлюємо з вуглецевої сталі 40Х ГОСТ 1050-74. Вихідна твердість сталі НВ 217. Деталь піддається загартуванню з подальшим високим відпусканням. Група металу – М 2.

Механічні властивості і хімічний склад сталі 40Х наведені в таблиці 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1

**Механічні властивості сталі 40Х**

$\sigma_t$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ ,%	$\psi$ ,%
780	980	10	45

Таблиця 2.2

**Хімічний склад сталі 40Х, %**

C	Cu, не більш ніж	Si	Mn	Cr	Ni, не більш ніж	S, не більш ніж	P, не більш ніж
0,36 - 0,44	до 0,3	0,17 - 0,37	0,5 - 0,8	0,8 - 1,1	0,3	0,035	0,035

**2.2. Визначення типу виробництва.**

У зв'язку з відсутністю норм часу в базовому технологічному процесі і неможливістю визначення коефіцієнта закріплення операцій тип виробництва попередньо визначаємо за річним випуском деталей та їхньою масою.

Згідно з завданням при річному випуску  $N = 4000$  штук і масі  $M_0 = 3,5$  кг тип виробництва визначаємо відповідно до рекомендацій.

У багатосерійному виробництві деталі виготовляють партіями. Розмір партії розраховуємо за формулою

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi} = \frac{(5000 \cdot 6)}{256} = 117$$

де  $a$  – кількість днів запасу деталей на складі;  $\Phi$  – кількість робочих днів у році.

За розміром партії  $n$  встановлюємо, що виробництво буде середньо серійне. Остаточний тип виробництва буде уточнений після розрахунку норм часу.

**2.3. Вибір виду заготовки і обґрунтування методу її отримання.**

					<i>БР.000.000.ПЗ</i>	Вбст
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

В умовах середньо серійного виробництва заготівля валу в проектованому варіанті доцільно отримувати штампуванням на кривошипному гарячештампувальному пресі (КГШП).

Цей метод забезпечує високу точність заготовок, мінімальні припуски і високу продуктивність.

Для розрахунків припусків і визначення граничних відхилень розмірів заготовки визначаємо індекс заготовки за ГОСТ 7505-89.

Розрахункова маса поковки

$$M_p = M_d \cdot K_p = 4,74 \cdot 1,5 = 7,11 \text{ кг},$$

де  $M_d$  – маса деталі, задається в завданні (див. табл. 1.1);  $K_p$  – коефіцієнт, що залежить від характеристики деталі, при виготовленні заготовки за типом «Вал» з прямою віссю, для наведеного креслення приймається  $K_p = 1,3 \dots 1,6$  (Пр.3, табл. 20, стр. 20 ГОСТ 7505-89).

Знайдемо габаритні розміри фігури (циліндра), яка описує поковку.

Діаметр фігури

$$D_\phi = D_d \cdot 1,05 = 75 \cdot 1,05 = 78,75 \text{ мм.}$$

Довжина фігури

$$L_\phi = L_d \cdot 1,05 = 240 \cdot 1,05 = 252 \text{ мм.}$$

де  $D_d$  – максимальний діаметр деталі за кресленням,  $L_d$  – довжина деталі за кресленням.

Визначаємо масу фігури, яка описує поковку

$$M_\phi = 3,14 \cdot D_\phi^2 \cdot L_\phi \cdot \rho = 3,14 \cdot 0,0787524 \cdot 0,252 \cdot 7850 = 9,6 \text{ кг},$$

д

е Відношення розрахункової маси поковки до маси фігури

$\rho$

					БР.000.000.ПЗ	Віст
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

$$C = \frac{M_p}{M_\phi} = \frac{7,11}{9,6} = 0,74.$$

Тоді, згідно таблиці 1.3: ступінь складності – С1. Згідно таблиці 1.4 по групі сталі, класу точності і ступеню складності визначаємо вихідний індекс поковки – 8.

## **2.4. Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення операційних розмірів.**

2.4.1. Розрахунок припуску на діаметральний розмір.

Розрахуємо припуски на обробку поверхні діаметром  $\varnothing 65h6(-0,019)$  мм для операцій:

- чорнове точіння;
- чистове точіння;
- шліфування.

Розрахуємо значення просторових відхилень для операцій технологічного процесу обробки деталі «Вал». По-перше, знайдемо викривлення поверхні деталі

$$\Delta_{\text{вкр}} = \Delta_\epsilon \cdot l = 0,7 \cdot 60 = 42 \text{ мкм} = 0,042$$

де  $\Delta_\epsilon$  – питомий викривлення, тобто відхилення осі деталі від прямолінійності, мкм на 1 мм, що залежить від методу її отримання  $\Delta_\epsilon = 0,7 \text{ мкм} / \text{мм}$ ;

$l = 60$  мм – відстань від оброблюваного перетину до найближчої опори, є однаковим для всіх варіантів, оскільки не змінюється положення люнету при обробці всіх наведених варіантів деталей.

По-друге, знайдемо похибку центрування

$$\Delta = \sqrt{\left(\delta_3\right)^2 + 0.25^2} = \sqrt{\left(1900\right)^2 + 0.25^2} = 950 \text{ мкм} = 0.95 \text{ мм}$$

де  $\delta_3$  – допуск заготовки, мм;

Далі знайдемо сумарне відхилення розташування поверхонь (просторове відхилення) заготовки при обробці в центрах

						<i>БР.000.000.ПЗ</i>	<i>Віст</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			34

де  $\Delta_{зм}$  – зміщення одних ділянок поверхні відносно інших, у випадку заготовки поковки – зміщення осей поковок при штампуванні в різних половинах штампа,  $\Delta_{зм}^2 = 0,5$  мм.

Розрахуємо величини залишкових викривлень після переходів використовуючи  $K_y$  – коефіцієнт уточнення, значення якого приведені в таблиці 1.6, та  $\Delta_3$  – сумарне відхилення розташування поверхонь заготовки. Після чорної обробки

$$\Delta_1 = K_y \cdot \Delta_3 = 0,06 \cdot 1,07 = 0,064 \text{ мм} = 64 \text{ мкм}$$

Після чистової обробки

$$\Delta_2 = K_y \cdot \Delta_3 = 0,04 \cdot 1,07 = 0,042 \text{ мм} = 42 \text{ мкм}$$

Після шліфування

$$\Delta_3 = K_y \cdot \Delta_3 = 0,02 \cdot 1,07 = 0,021 \text{ мм} = 21 \text{ мкм}$$

Розрахуємо мінімальні припуски на всі операції технологічного процесу знаючи  $R_{zi-1}$  – висоту мікронерівностей, отриманих на попередній операції,  $h_{i-1}$  – глибину дефектного шару, отриманого на попередній операції, величини залишкових викривлень після переходів. Під чорнове точіння

$$2 \cdot z_{\min} = 2 \left( R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) = 2 \cdot (150 + 250 + 1070) = 2 \cdot 1470$$

мкм.

Під чистове точіння

$$2 \cdot z_{\min} = 2 \left( R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) = 2(50 + 50 + 64) = 2 \cdot 164 \text{ мкм.}$$

3

Під шліфування

					<i>БР.000.000.ПЗ</i>	Вст
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19



$$d_{p1} = d_{min1} = d_{min2} + 2 \cdot z_{min1} = 67,021 + 2 \cdot 0,164 = 67,349 \text{ мм.}$$

Для заготовки

$$d_{p3} = d_{min3} = d_{min1} + 2 \cdot z_{min3} = 67,349 + 2 \cdot 1,47 = 70,289 \text{ мм.}$$

Далі знайдемо найбільші діаметри.

При шліфуванні

$$d_{max3} = 64,981 + 0,019 = 65 \text{ мм.}$$

При чистовому точінні

$$d_{max2} = d_{min2} + \delta_2 = 67,021 + 0,074 = 67,095 \text{ мм.}$$

При чорновому точінні

$$d_{max1} = d_{min1} + \delta_1 = 67,349 + 0,30 = 67,649 \text{ мм.}$$

Для заготовки

$$d_{max3} = d_{min3} + \delta_3 = 70,289 + 1,9 = 72,189 \text{ мм.}$$

Визначимо граничні значення припусків.

Для шліфування

$$2 \cdot z_{max}^{пр} = d_{max2} - d_{max3} = 67,095 - 65 = 2,095 \text{ мм} = 2095 \text{ мкм};$$

$$2 \cdot z_{min}^{пр} = d_{min2} - d_{min1} = 67,021 - 64,981 = 2,04 \text{ мм} = 2040 \text{ мкм.}$$

Для чистового точіння

					БР.000.000.ПЗ	Дост
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21





$$z_{max2}^{np} - z_{min2}^{np} = 554 - 328 = 226 \text{ мкм}; \delta_1 - \delta_2 = 300 - 74 = 226 \text{ мкм}$$

$$z_{max1}^{np} - z_{min1}^{np} = 4540 - 2940 = 1600 \text{ мкм}; \delta_3 - \delta_1 = 1900 - 300 = 1600 \text{ мкм.}$$

Отже, розрахунки припусків виконані правильно.

#### 2.4.2. Розрахунок припусків на лінійний розмір.

Розрахуємо припуски на обробку поверхні 240<sub>-1,15</sub>.

Заготівля виробу одержуємо штампуванням на КГШП. Маршрут обробки поверхні складається з фрезерно-центрувальної операції.

Випишуємо значення  $R_z$  і  $T$  для всіх операцій:

– для заготовки:  $R_z = 150 \text{ мкм}$ ,  $T = 150 \text{ мкм}$ ;

– для фрезерно-центрувальної операції:  $R_z = 5 \text{ мкм}$ ,  $T = 15 \text{ мкм}$ .

Розраховуємо просторове відхилення:

– для заготовки

$$\Delta_z = \Delta_{вкр} = \Delta_6 \cdot L = 0,7 \cdot 240 = 168 \text{ мкм.}$$

Розрахуємо залишкове просторове відхилення після фрезерування торців

$$\Delta_{зал} = K_y \cdot \Delta_z = 0,12 \cdot 168 = 20,16 \text{ мкм.}$$

Розрахуємо припуски на фрезерування торців

$$z_{min} = R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \Delta_{i-1} + \varepsilon_i = 150 + 150 + 168 + 0 = 468$$

Для подальших розрахунків складаємо таблицю 2.4.

Таблиця 2.4

Розрахунок припусків та граничних розмірів за операціями на обробку поверхні 240<sub>-1,15</sub>

Найменування операції	Елементи припуску, мкм	Припуск	$l_p$ , мм	Допуск, $\delta$ , мкм	Граничні розміри, мм	Граничні припуски, мкм

	$R_z$	$T$	$\Delta$	$2 \cdot z_{\min}$ , мм			$l_{\min}$	$l_{\max}$	$2 \cdot z_{\min}^{np}$	$2 \cdot z_{\max}^{np}$
Заготовка	150	150	168	-	240	2000	240	230	5	-
1. Фрезерно-центрувальна	5	15	20,16	2 · 468	226,85	1150	238,85	228	1150	2000

Графа «Розрахунковий розмір» в таблиці 2.5 ( $l_p$ ) заповнюється, починаючи з кінцевого розміру, шляхом послідовного додавання розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу.

Для фрезерно-центрувальної операції

$$l_{p1} = l_{\min 1} = 240 - 1,15 = 238,85 \text{ мм.}$$

Для заготовки

$$l_{p3} = l_{\min 3} = l_{\min 1} + z_{\min 1} = 238,85 + 0,468 = 239,3 \approx 239 \text{ мм.}$$

Граничний лінійний розмір ( $l_{\max}$ ) обчислюємо додаванням допуску до округленого найменшому граничного розміру. Розрахуємо найбільші лінійні розміри. При фрезерно-центрувальної операції

$$l_{\max 1} = 238,85 + 1,15 = 240 \text{ мм.}$$

Для заготовки

$$l_{\max 3} = l_{\min 3} + \delta_3 = 239 + 2 = 241 \text{ мм.}$$

Розрахуємо граничні значення припусків під фрезерування торців

$$z_{\max}^{np} = l_{\max 3} - l_{\max 1} = 241 - 240 = 1 \text{ мм;}$$

$$z_{\min}^{np} = l_{\min 3} - l_{\min 1} = 240 - 238,85 = 1,15 \text{ мм.}$$

										Двст
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<b>БР.000.000.ПЗ</b>					24

Знайдемо загальний номінальний припуск

$$z_{0 \text{ ном}} = z_{0 \text{ min}} + EI_3 - \delta_0 = 1150 + 1000 - 1150 = 1000 \text{ мкм.}$$

Знайдемо номінальний розмір заготовки

$$l_{3 \text{ ном}} = l_{\text{д ном}} - z_{0 \text{ ном}} = 240 + 1 = 241 \text{ мм.}$$

Виконаємо перевірку правильності розрахунків

$$z_{\text{max1}}^{\text{пр}} - z_{\text{min1}}^{\text{пр}} = 2000 - 1150 = 850 \text{ мкм}; \delta_3 - \delta_1 = 2000 - 1150 = 850 \text{ мкм.}$$

Отже, розрахунки припусків виконані правильно.

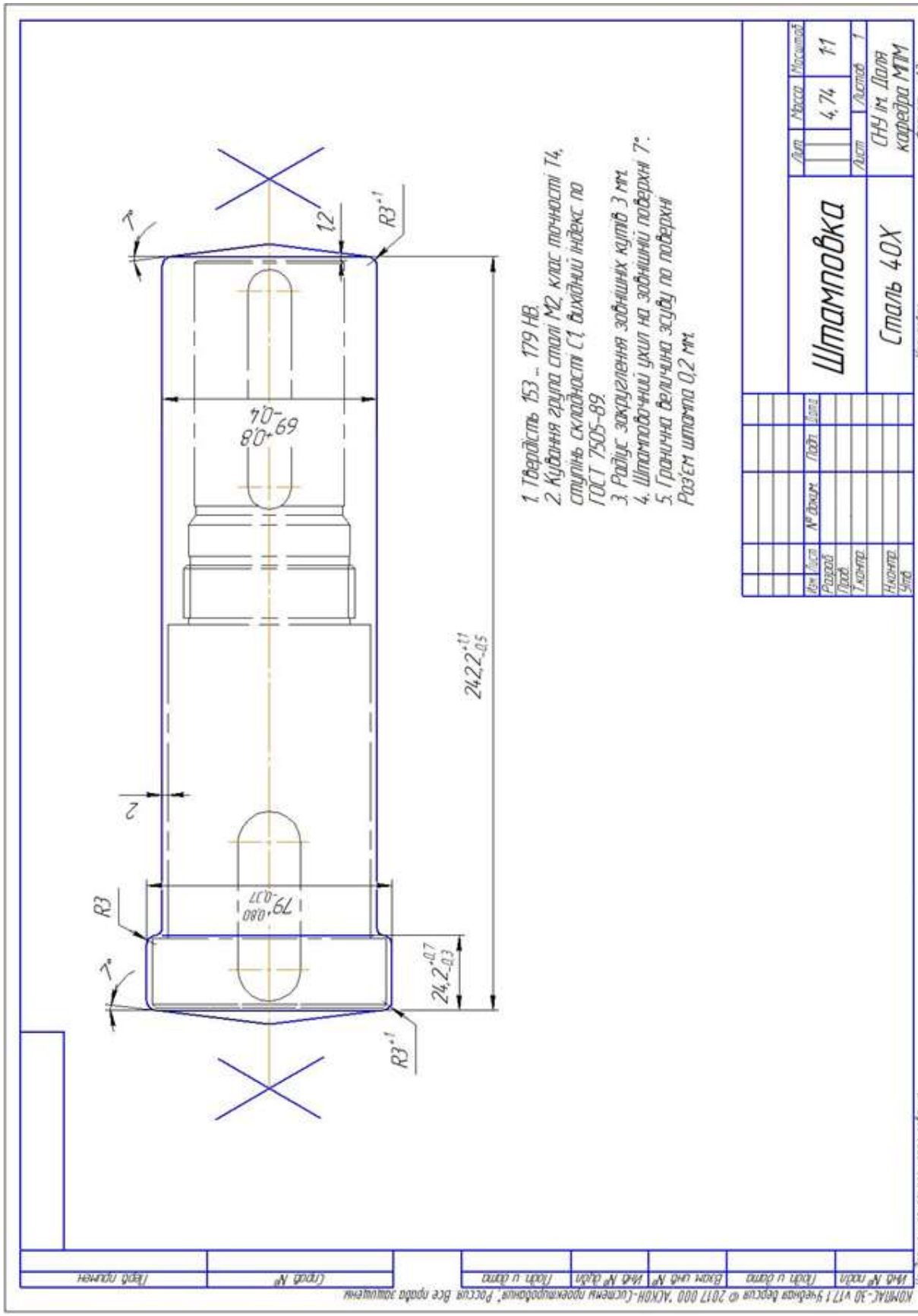
На інші поверхні припуски і граничні відхилення призначаємо по ГОСТ 7505-89 і результати зводимо в таблицю 2.5.

Приклад креслення заготовки деталі «Вал» наведено на рис. 2.1.

Таблиця 2.5

Припуск і допуски на оброблювані поверхні валу

Розмір деталі	Припуск		Граничні відхилення
	табличний	розрахунковий	
$\varnothing 65_{-0.019}$	–	$2 \cdot 1,9$	+0,8 –0,4
$\varnothing 75$	2·1	–	+0,8 –0,4
$240_{-1.15}$	–	1	+1,1 –0,5
10	0,9	–	+0,7 –0,3



1. Твердість 153 ... 179 HB.
2. Кваліфікація групи сталі М2, клас точності Т4, ступінь складності С1, вихідний індекс по ГОСТ 7505-89.
3. Радіус закруглення зовнішніх кутів 3 мм.
4. Штамповочний ухил на зовнішній поверхні 7°.
5. Гранична величина зсуву по поверхні Розем штампа 0,2 мм.

№ док.	№ докум.	Лист	Дата
Розроб.			
Проєкт.			
Ілюстра.			
Наклад.			
Суб.			

Лист	Маса	Матеріал
	4,74	11

Лист	Листів	І
СНУ м. Діля		
кадрів МГМ		

**Штамповка**

Сталь 40Х

Котировки  
Формат А3

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР.000.000.ПЗ

## **2.5. Розробка та аналіз маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі.**

Відповідно до креслення деталі і річним обсягом випуску приймаємо наступний маршрут її обробки (таблиця 2.6).

№ операції	Найменування операції, її зміст	Базові поверхні	Модел ь верста та	Робочий інструмент	Установочні пристосування
005	Пресова		КГШП		
010	Фрезерно-центрувальна 1. Фрезерувати торці 2. Свердлити центрові отвори	Поверхні Ø65, Ø48 і торець валу	МР77	Фреза торцева Ø100; Т15К6 Свердел центрувальне Ø6,3; Р18	Захват 7808-4013
015	Токарна с ЧПК 1. Чорнове точіння поверхонь Ø48, Ø52, Ø65, Ø75 і торця. 2. Чистове точіння поверхонь Ø48, Ø52, Ø55, торця 10 і фасок. 3. Точити 2 канавки b = 3 4. Точити канавку b = 2,5 5. Нарізати різьбу М55х2-6g	Центрові отвори	16К20. Т1	Різець прохідний Т15К6 Різець канавковий Т15К6 Різець різьбонарізний	Патрон повідковий 7108-0022 ГОСТ 25-71-71; центр плаваючий 7032-0171 ГОСТ 18259-72
020	Вертикально-фрезерна ЧПК 1. Фрезерувати шпонкові паз 14N9 2. Фрезерувати шпонкові паз 16N9	Поверхні Ø65, Ø48 і торець валу	6Р13Ф 3-01	Фрези кінцеві Ø16, Ø14	Призми 7033-0109 ГОСТ 12195-66; прихват 7011-0477 ГОСТ 4734-69
025	Вертикально-свердлувальний з ЧПК 1. Свердлити отвір Ø16 2. Зенкерувати отвір 3. Зенкувати фаску 2. Нарізати різьбу М16	Поверхні Ø65, Ø48 і торець валу	2Р135 Ф2-1	Свердло Ø 15 Зенкер Зенківка Мітчик Ø 16	Призми 7033-0109 ГОСТ 12195-66; прихват 7011-0477 ГОСТ 4734-69
030	Слюсарна 1. Обпиляти задирки після попередніх операцій, очистити глухі отвори від стружки		Верстак слюсарний	Напилек	
035	Термічна				
040	Торцекруглошліфувальна 1. Шліфувати поверхню Ø65, Ø48 і торець	Центрові отвори	3Т161 Е	Круг шліфувальний	Патрон повідковий 7108-0022 ГОСТ 25-71-71; центр плаваючий 7032-0171 ГОСТ 18259-72
045	Контрольна				Стіл контрольний

Таблиця 2.7

Маршрутний технологічний процес

					<b>БР.000.000.ПЗ</b>	<b>Діст</b>
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		26

У розробленому, технологічному процесі, заготовкою є поковка, форма якої максимально наближена до форми деталі, що дозволяє прискорити і знизити витрати на обробку деталі. Більшість операцій ведеться на верстатах з ЧПК, що забезпечує найбільш високу продуктивність і точність оброблюваних поверхонь. При обробці даної деталі діє принцип сталості і суміщення баз, що так само забезпечує точність оброблюваних поверхонь. Застосовуються стандартні пристосування, і використовується високопродуктивний ріжучий інструмент.

Розрахунок необхідної кількості операцій проведемо по поверхні  $\varnothing 65_{(-0,019)}$ . Розмір заготовки  $\varnothing 71,09_{-0,4}^{+0,8}$ .

Розрахуємо коефіцієнт уточнення

$$K_{y.o.} = \frac{T_z}{T_o} = \frac{1,9}{0,019} = 100 \text{ мкм},$$

$T_z$  – допуск на заготовку на оброблювану поверхню, мкм;  $T_o$  – допуск на оброблену поверхню деталі, мкм.

Для обробки поверхні  $\varnothing 65_{(-0,019)}$  приймаємо наступний маршрут: чорнове точіння, чистове точіння, шліфування.

Розрахуємо проміжні значення коефіцієнту уточнення

$$K_{y1} = \frac{\delta_3}{\delta_1} = \frac{1,9}{0,3} = 6,3,$$

Е

М

де  $\delta_1, \delta_2, \delta_3$  – допуски розмірів, отриманих при обробці деталі на першій, другій і третій операціях.

Перевіримо виконання умови  $K_{y.o.} \leq \prod_{i=1}^n K_{yi}$

$$K_{y.o.} \leq K_{y1} \cdot K_{y2} \cdot K_{y3},$$

№ зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Дзм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

БР.000.000.ПЗ

Лист  
27  
28

Отримане значення добутку коефіцієнтів уточнення показує, що при прийнятому маршруті точність обробки поверхні  $\varnothing 65_{(-0,019)}$  забезпечується.

## **2.6. Розрахунок режимів різання.**

Розрахуємо режими різання аналітичним методом для операції технологічного процесу обробки деталі «Вал» 015 – токарна ЧПК.

Операція виконується на верстаті моделі 16К20.Т1. Інструменти – різці з платівкою з твердого сплаву Т15К6.

Зміст операції:

- чорнове точіння поверхонь  $\varnothing 52$ ,  $\varnothing 48$ ,  $\varnothing 65$ ,  $\varnothing 75$  і торця.
- чистове точіння поверхонь  $\varnothing 52$ ,  $\varnothing 48$ ,  $\varnothing 65$ , торця і фасок.
- точити 2 канавки  $b = 3$  мм;
- точити канавку  $b = 2,5$  мм;
- нарізати різьбу М65х2-6g.

Розрахунок ведемо для чорнового точіння  $\varnothing 65_{(-0,019)}$  мм, для глибини різання  $t = 1$  мм.

Рекомендована і прийнята за паспортом верстата подача:  $S_0 = 1$  мм/об.

Розрахуємо коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на швидкість різання

$$K_{Mv} = \left( \frac{750}{\sigma_b} \right)^n = \frac{750}{980} = 0,765,$$

де  $n$  – показник ступеня при визначенні складової сили  $P_z$  при обробці різцями дорівнює  $n = 0,75$ ;  $K_{\varphi p}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив головного кута на силу різання;  $K_{\gamma p}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута в плані на силу різання;  $K_{\lambda p}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу головного леза на силу різання;  $K_{r p}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив радіусу при вершині різця.



Знайдемо поправочний коефіцієнт

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv} = 1,23 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,98.$$

Знайдемо швидкість різання за аналітичним розрахунком

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{340}{30^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 1^{0,45}} \cdot 0,98 = 169$$

де  $C_v$  – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу;  $m$  – показник ступеня по стійкості  $T$ ;  $x$  – показник ступеня при глибині різання  $t$ ;  $y$  – показник ступеня при подачі  $S$ ;  $T$  – значення стійкості;  $t$  – глибина різання;  $S$  – подача.

Обираємо значення коефіцієнтів для умов обробки валу, а саме зовнішнє поздовжнє точіння прохідними різцями:  $C_v = 340$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$ ;  $T = 30$  хв.

Знайдемо за формулою частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 169}{3,14 \cdot 65} = 828 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаються за паспортом верстата частоту обертання  $n_{np} = 800 \text{ хв}^{-1}$ .

Знайдемо дійсну швидкість різання

$$n = V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{np}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 65 \cdot 800}{1000} = 163 \text{ м/хв.}$$

Розрахуємо поправочний коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей оброблюваного матеріалу на силу різання

$$K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22,$$

де  $\sigma_B$  – межа міцності при розтягуванні,  $МПа$ ,  $n$  – показник ступеня при визначенні складової сили  $P_z$  при обробці різцями дорівнює  $n = 0,75$ .

Знайдемо поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\text{фр}} \cdot K_{\text{гр}} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{\text{тр}} = 1,22 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,15.$$

Розрахуємо силу різання

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 163^{-0,15} \cdot 1,15 = 1,6 \text{ кН},$$

де  $C_p$  – постійний коефіцієнт, що залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу;  $t$  – глибина різання;  $S$  – подача;  $V$  – швидкість різання.  $K_p$  – поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання.

Визначимо потужність різання за формулою

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1606 \cdot 163}{1020 \cdot 60} = 4,3 \text{ кВт}.$$

Виконаємо перевірку потужності двигуна головного приводу верстата  
 $N_6 = 11 \text{ кВт}$

$$N < N_6$$

$$4,3 < 11$$

Таким чином, привід верстата забезпечує обробку при заданих режимах.

Визначаємо хвилинну подачу

$$S_{x6} = S \cdot n = 1 \cdot 800 = 800 \text{ мм/хв.}$$

Визначаємо величина врізання

$$y = y_{\text{нидв}} + y_{\text{сріз}} + y_n = 4 + 6 + 0 = 10 \text{ мм.}$$

Знайдемо довжину робочого ходу інструмента

$$L = l + y = 230 + 10 = 240 \text{ мм.}$$

Розрахуємо основний час

$$T_o = \frac{L}{\varsigma} \cdot i = \frac{240}{800} \cdot 1 = 0,3$$

Визначення режимів різання для всіх наступних операцій виконаємо табличним методом за допомогою довідникової літератури, результати зведемо в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7

**Зведена таблиця режимів різання для технологічного процесу обробки  
деталі «Вал»**

№ операції	Найменування операції, переходу	Глибина різання $t$ , мм	Довжина різання, $l_{\text{різ}}$ , мм	Подача $S_0$ , мм/об		Швидкість $V$ , м/хв		Частота обертання, $\text{хв}^{-1}$		Хвилина подача $S_{\text{хв}}$ , мм/хв	Основний час, $T_0$ , хв
				розрахункова	прийнята	розрахункова	прийнята	розрахункова	прийнята		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
010	Фрезерно-центрувальна										
	1. Фрезерувати торці	1	66	1	1	120	101	579	500	2000	0,15
	2. Свердлити центрові отвори	3,15	13,8	0,12	0,12	29	25	1453	1250	150	0,1
015	Токарна с ЧПК	1	218	1	1	169	163	828	800	800	0,28
	1. Чорнове точіння поверхонь Ø65	0,9	117	0,6	0,6	125	109	724	630	378	0,34
	Ø52	1	98	0,6	0,6	125	103	766	630	378	0,29
	Ø48	1,3	82	0,6	0,6	125	121	829	800	480	0,23
	Ø75	1	10	0,6	0,6	125	101	622	500	300	0,04
	2. Чистове точіння поверхонь Ø65,	0,6	101	0,3	0,3	163	138	944	800	240	0,46
	Ø52,	0,5	16	0,3	0,3	150	131	919	800	240	0,11
	Ø48	0,8	82	0,3	0,3	150	121	995	800	240	0,39

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

БР.000.000.ПЗ

Лист

32

	3. Точити 2 канавки b=3 Ø51 Ø47	0,2 5	3	0,2	0,2	77	65	476	400	80	0,05
		0,2 5	3	0,2	0,2	77	75	516	500	100	0,04
	4. Точити канавку b=2,5 Ø52	1,5	2,5	0,2	0,2	77	65	472	400	80	0,05
	5. Нарізати різьбу M55x2-6g	2	16	2	2	13	11	75	63	126	0,28
020	Вертикально-фрезерна ЧПК 1. Фрезерувати шпонковий паз 14N9	5,5	77	0,01 5	0,01 5	27	22	614	500	25	3
	2. Фрезерувати шпонковий паз 16N9	6	61	0,02	0,02	27	25	537	500	25	2,6
025	Вертикально-свердлильна з ЧПК 1. Свердлить отв. Ø14	7	53	0,3	0,3	25	22	569	500	150	0,38
	2. Зенкерувати отвір	1	6,5	0,3	0,3	22	20	438	400	120	0,05
	3. Зенкувати фаску	1	1	0,1	0,1	36	34	674	630	63	0,01
	2. Нарізати різьбу M16	1,2 5	47	1,25	1,25	10	8	199	160	200	0,47
040	Торцекруглошліфувальна	0,3	101	-	-	25	22	145	125	0,4	1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР.000.000.ПЗ

Лист

5

33

1. Шліфувати поверхню Ø65											
Ø48	0,4	82	-	-	25	24	166	160	0,5	1,04	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР.000.000.ПЗ

5 Лист

34

## 2.7. Розрахунок точності операції.

Розрахунок точності виконуємо на операцію 015 – Токарну з ЧПК, чистове точіння поверхонь Ø65, Ø52, Ø48. Допуск на оброблювану поверхню  $\delta = 120$  мкм.

Визначимо похибку, яка обумовлена зносом різального інструмент. Для цього знайдемо шлях різання при  $S_0 = 0,2$  мм/об.

$$l = \frac{\pi \cdot D \cdot L \cdot n}{1000 \cdot S_0} = \frac{3,14 \cdot 65 \cdot 240 \cdot 163}{1000 \cdot 0,2} = 39922 \text{ м.}$$

Тоді похибку, яка обумовлена зносом різального інструменту, визначимо за формулою

$$\Delta i = \frac{i_o \cdot l}{1000} = \frac{5 \cdot 39922}{1000} = 200 \text{ мкм,}$$

де  $i_o$  – відносний знос інструмента на 1000 м шляху різання, для різців з матеріалу ріжучої частини Т15К6 при обробки деталі з вуглеводистої сталі  $i_o = 5$  мкм/км.

Визначимо похибку настройки верстата.

Знайдемо  $\Delta_{zm}$  – зміщення центру групування розмірів пробних деталей щодо середини поля розсіювання розмірів. Прийmemo миттєву похибку обробки,  $\Delta_{mt} = 10$  мкм; кількість пробних деталей,  $m = 5$ . Тоді

$$\Delta_{zm} = \frac{\Delta_{mt}}{\sqrt{m}} = \frac{10}{\sqrt{5}} = 4,4 \text{ мкм.}$$

Прийmemo похибку регулювання положення ріжучого інструменту на верстаті,  $\Delta_{рег} = 15$  мкм, похибку вимірювання пробних деталей  $\Delta_{вим} = 8$  мкм. Тоді

$$\Delta_n = \sqrt{\Delta_{zm}^2 + \Delta_{рег}^2 + \Delta_{вим}^2} = \sqrt{4,4^2 + 15^2 + 8^2} = 17 \text{ мкм,}$$

де  $\Delta_{рег}$  – похибка регулювання положення ріжучого інструменту на верстаті;  $\Delta_{вим}$  – похибка вимірювання пробних деталей;  $\Delta_{zm}$  – зміщення центру

групування розмірів пробних деталей щодо середини поля розсіювання розмірів, *мкм*.

При установці деталі в центрах:  $\varepsilon_y^2 = 0$ . Знайдемо сумарну похибку обробки

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_i + \Delta_n + \sqrt{\Delta_{сл}^2 + \varepsilon_y^2} = 76 + 17 + \sqrt{15^2 + 0^2} = 108 \text{ мкм},$$

де  $\Delta_i$  – похибка, обумовлена зносом різального інструменту, *мкм*;  $\Delta_n$  – похибка настройки верстата, *мкм*;  $\Delta_{сл} = 15$  *мкм* поле розсіювання похибок обробки, обумовлених дією випадкових факторів, *мкм*;  $\varepsilon_y$  – похибка установки заготовки, *мкм*.

Виконаємо перевірку забезпечення необхідної точності обробки обох поверхонь

$$\Delta_{\Sigma} < T \text{ тобто } 108 < 120 \text{ мкм},$$

Точність обробки деталі «Вал» при спроектованому технологічному процесі забезпечується.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР.000.000.ПЗ

Лист  
56  
36



## Розділ 3

### ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗРАХУНОК ДЕТАЛЕЙ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

#### Завдання

Визначити основні геометричні характеристики вузла технологічного обладнання. Виконати проектний розрахунок деталі – «Вал».

#### Вхідні дані

Вхідними даними для проектно-конструкторського розрахунку вхідного валу коробки швидкостей є розрахункова схема валу (рис. 1.1) та кінематична схема коробки швидкостей (рис. 1.2). Також згідно варіанту (табл. 1.1) задаються: тип електродвигуна; передавана потужність; номінальна частота обертання електродвигуна; діаметри ведучого та веденого шківів.

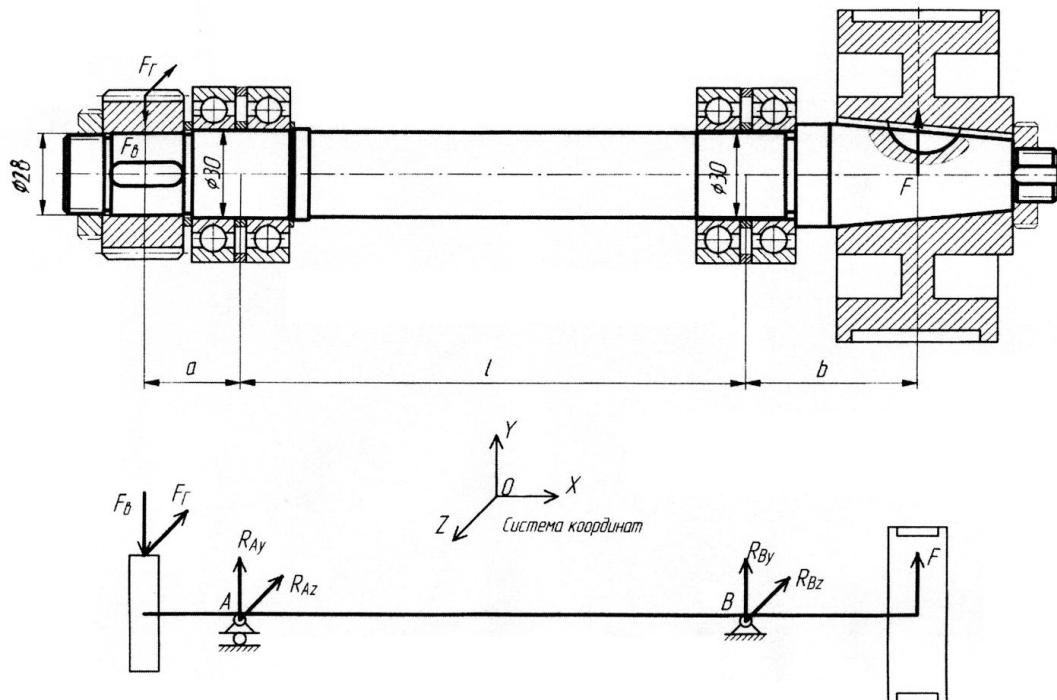


Рис. 1.1. Ескіз і розрахункова схема «Вал»

				<b>БР.000.000.ПЗ</b>		
Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата		
Разраб.		Зубков С.Ю.			Лит.	Лист
Пров.		Логунов О.М.			У	37
Н. контр.					<b>СНУ им. В.Даля</b>	
Утв.					гр.ГМ-17да <sup>57</sup>	
ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗРАХУНОК ДЕТАЛЕЙ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ					48	

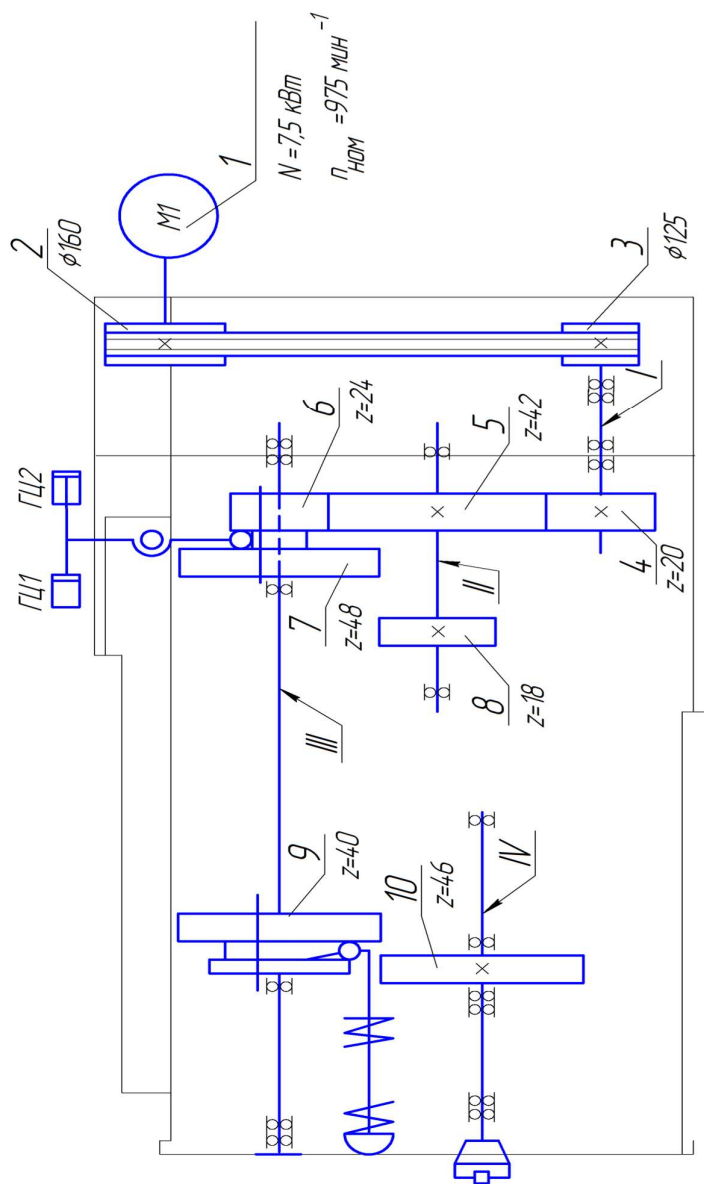


Рис. 1.2. Принципова кінематична схема шпindelної бабки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

БР.000.000.ПЗ



частоти обертання, поліпшені динамічні властивості, зменшені шум і вібрації, підвищена потужність на одиницю маси, збільшені надійність і ресурс роботи.

*Трифазні асинхронні електродвигуни серії 4А з короткозамкненим ротором і розраховані на частоту 50 Гц, що мають ступінь захисту IP44 або IP23. Важливими експлуатаційними характеристиками асинхронних машин, що працюють в приводах головного руху верстатів, є їх максимальна перевантажувальна здатність і кратність пускового моменту (відношення максимального моменту до номінального).*

## **Розрахунок**

*1.1. Розрахуємо силовий параметр приводу – крутний момент на вхідному валу:*

$$T = \frac{N}{n} \cdot 9550 = \frac{5,5}{1500} \cdot 9550 = 35,02 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

*1.2. Матеріал валу. Як матеріал для валів використовують вуглецеві та леговані сталі. Невідповідальні вали і вали, габарити яких не відіграють істотної ролі, виготовляють з Ст. 5. Для більш відповідальних валів, в тому числі і більшості редукторів загального призначення, застосовують сталі 45, 50, 40Х, піддані термічному поліпшенню (гарт з високим відпуском).*

*Приймаємо, що матеріалом валу є сталь 45.*

*1.3. Розрахунок розмірних параметрів валу*

*1.3.1. Визначення розмірів першої ступені валу. Розрахуємо діаметральний розмір першої ступені валу, на якій розташовано шків клиноремінної передачі:*

$$d_1 = \sqrt[3]{10^3 \cdot \frac{T}{(0,2 [\tau_{кр}] )}} = \sqrt[3]{10^3 \cdot \frac{35,02}{(0,2 \cdot 25)}} = 19,13 \text{ мм},$$

					БР.000.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

де  $T$  – крутний момент на вхідному валу,  $H\cdot m$ ;  $[\tau_{кр}]$  – допустима напруга на кручення,  $MPa$  (для сталі 45  $[\tau_{кр}] = 25$   $MPa$  ГОСТ 1050-88).

Отримане розрахункове значення  $d_1$  діаметру валу округлюють до найближчого стандартного значення згідно.

Стандартний ряд діаметрів валів за ГОСТ 12080-66: 16; 18; 19; 20; 22; 24; 25; 28; 30; 32; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50  $mm$ .

Приймаємо  $d_1 = 20$   $mm$ .

Довжина першої ступені вхідного валу, на якій розташовано шків клинопасової передачі повинна відповідати довжині маточини шківа. У шківів пасових передач довжина маточини  $l_m$  може бути, як більше, так і менше ширини шківа  $M$ . Але при проектному розрахунку валу, рекомендується прийняти довжину маточини, яка б дорівнювала ширині шківа, тобто  $l_1 = l_m = M$ .

1.3.2. Розрахуємо ширину шківа,

$$d_1 = (n - 1) \cdot e + 2f = (3 - 1) \cdot 19 + 2 \cdot 12,5 = 63 \text{ мм},$$

де  $n$  – кількість пасів в передачі;  $e$  – відстань між вісями канавок,  $mm$ ;  $f$  – відстань між віссю крайньої канавки та найближчим кінцем валу,  $mm$ .

Значення конструктивних елементів шківа обираємо згідно ГОСТ 20889-88.

Стандартний ряд розрахункових діаметрів шківів за ГОСТ 20889-88: 50; 56; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200  $mm$ .

Отримане значення ширини шківа перевіряємо згідно ряду нормальних лінійних розмірів за ГОСТ 6636-69. Розмір  $M = 63$   $mm$  відповідає нормальному ряду  $R_a 5$ .

Виходячи з розрахунків приймаємо наступні розміри першої ступені: діаметр –  $d_1 = 20$   $mm$ ; довжина –  $l_1 = 63$   $mm$ .

1.3.3. Розрахуємо діаметр другої ступені валу, на якій розташовані опори, у вигляді підшипників,

					<b>БР.000.000.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		142

$$d_2 = d_1 + 2 \cdot t = 20 + 2 \cdot 2 = 24 \text{ мм},$$

де  $t$  – перехід діаметра валу по відношенню до попереднього діаметра. Значення висоти буртика  $t$ , визначаються по таблиці 1.1. в залежності від діаметру суміжної з ним ступені  $d_1$ . Для нашого випадку  $t = 2$  мм.

Необхідно враховувати, що значення посадочного діаметру підшипника кратне 5, тому і діаметр ступені валу під підшипник теж повинен бути кратним 5. Приймаємо  $d_2 = 25$  мм.

Таблиця 1.1

### Розміри перехідних ділянок

Діаметр суміжної ступені, $d$ , мм	17...24	25...30	32...40	42...50	52...60	62...70	71...85
Висота буртика, $t$ , мм	2	2,2	2,5	2,8	3	3,3	3,5
Координати фаски внутрішнього кільця підшипника, $r$ , мм	1,6	2	2,5	3	3	3,5	3,5
Фаска маточини, $f$ , мм	1	1	1,2	1,6	2	2	2,5

*1.3.4. Вибір підшипників.* В якості опор обираємо підшипники шарикові радіальні однорядні легкої серії, згідно ГОСТ 8338-75 діаметру валу  $d = 25$  мм відповідають підшипники марки 205, вантажопідйомністю  $C = 14000$  Н,  $C_0 = 6950$  Н. Номінальний діаметр зовнішньої циліндричної поверхні підшипника  $D = 52$  мм, ширина  $B = 15$  мм, координата монтажної фаски  $r = 1,5$  мм.

1.3.5. *Визначення розмірів другої ступені валу.* Довжина другої ступені валу під підшипник дорівнює ширині підшипника  $l_2 = B = 15$  мм.

Отримане значення довжини другої ступені перевіряємо згідно ряду нормальних лінійних розмірів за ГОСТ 6636-69. Розмір  $l_2 = 16$  мм відповідає нормальному ряду  $R_a 5$ .

Виходячи з розрахунків приймаємо наступні розміри другої ступені: діаметр –  $d_2 = 25$  мм; довжина –  $l_2 = 16$  мм.

1.3.6. *Визначення розмірів третьої ступені валу*

Зубчасте колесо на валу монтується за допомогою шліцьового з'єднання. Розрахуємо діаметр ступені валу під зубчасте колесо:

$$d_3 = d_2 + 3,2 \cdot r = 25 + 3,2 \cdot 2 = 31,4 \text{ мм}, \quad 5$$

Округляємо згідно ряду нормальних чисел  $d_3 = 31,4$  мм.

Обираємо параметри зубчастого шліцьового прямобічного з'єднання легкої серії згідно ГОСТ 1139-58 для внутрішнього діаметру  $d = 32$  мм: число зубів  $z = 8$ ; зовнішній діаметр  $D = 36$  мм; ширина зуба  $b = 6$  мм.

Довжину третьої ступені валу знайдемо виходячи з габаритів корпусу, які знаходяться в межах 200 – 300 мм для приводів головного руху верстатів 2 – 3 типорозміру.

$$l_3 = l_k - (l_1 + l_2 + l_4) = 200 - (63 + 16 + 16) = 105 \text{ мм},$$

де  $l_k$  – довжина корпусу, мм.

1.3.7. *Визначення розмірів четвертої ступені валу*

Параметри четвертої ступені валу дорівнюють другій, так як на ній монтується ідентичний підшипник марки 205.

Виходячи зі сказаного приймаємо наступні розміри четвертої ступені: діаметр –  $d_2 = 25$  мм; довжина –  $l_2 = 16$  мм.

					БР.000.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		344

*1.3.8. Зведені розміри ступенів валу*

Розмір	Ступінь валу			
	I	II	III	IV
<i>d</i> , мм	20	25	31,4	25
<i>l</i> мм	63	16	105	16



## Висновок.

Була досліджена розробка валу приводу поршневого компресора.

Вивчено та аналізовано конструкцію і принцип роботи поршневих компресорів.

За допомогою методичних вказівок був розроблений технологічний процес механічної обробки деталі «Вал». Був обраний тип заготовки метод її отримання та розраховані основні розміри заготовки.

Розроблено маршрутний технологічний процес обробки деталі, виконані розрахунки режимів різання аналітичним та табличним методом, а також розраховані точності операції.

За допомогою програми САПР «Компас» зроблені креслення загального виду валу, заготовки, кінематичних схем та інші.

Були визначені основні геометричні характеристики вузла технологічного обладнання, а також виконаний проектний розрахунок деталі «Вал»

У ході роботи було зменшено маса та габарити приводу. Зменшення габаритів здійснили завдяки максимальній компактності проектування приводу компресора, збереженням принципу агрегування та застосуванням вузлів. Використання двигуна з меншими масо габаритними характеристиками при тих же параметрах.

					<i>БР.000.000.ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Зубков С.Ю.</i>			<i>Висновок</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>		<i>Логоунов О.М.</i>				<i>У</i>	46	48
<i>Н. контр.</i>					<i>ВНУ им. В.Даля</i>			
<i>Утв.</i>					<i>гр.ГМ-17да<sup>65</sup></i>			

## ЛІТЕРАТУРА

- 1.Справочник технолога-машиностроителя в 2 томах. Том 1 / Под редакцией Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К. – 4-е изд., М. Машиностроение, 1985.
- 2.Справочник технолога-машиностроителя в 2 томах. Том 2 / Под редакцией Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К. – 4-е изд., М. Машиностроение, 1986.
- 3.Нанотехнологии в электронике. / Под ред. Ю.А. Чаплыгина – М.: Техносфера, 2005. – 448 с.
- 4.Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. – М.: Техносфера, 2004. – 328 с.
- 5.Неволин В. Зондовые нанотехнологии в электронике. – М.: Техносфера, 2005. – 152 с.
- 6.Осаждение пленок и покрытий разложением МОС. М.: Наука, 1981. 322 с.
- 7.Справочник технолога-машиностроителя в 2 томах. Том 1 / Под редакцией Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К. – 4-е изд., М. Машиностроение, 1985.
- 8.Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – 2-е издание – М.: Машиностроение, 1990.

					<b>БР.000.000.ПЗ</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<b>Література</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Зубков С.Ю.</i>					У	47	48
<i>Пров.</i>	<i>Логоунов О.М.</i>							
<i>Н. контр.</i>								
<i>Уте.</i>								
						<b>СНУ ім. В.Даля гр.ГМ-17да<sup>66</sup></b>		

9.Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания на работы, выполняемые на металлорежущих станках с ЧПУ – ЦБПНТ при НИИ труда. М.: Машиностроение. 1980.

10.Методична вказівка до виконання розділів кваліфікаційної роботи бакалавра ( для студентів спеціальностей «Прикладна механіка» та «Галузеве машинобудування»), СНУ ім. В. Даля, 2019.

					БР.000.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6748