

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії
Кафедра машинобудування та прикладної механіки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної роботи

Магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Проектування, моделювання та розрахунок поршневого
компресора».

Студента _____ П _____ курсу _____ групи ГМ-21дм
напряму підготовки: _____ 133 Галузеве машинобудування

Зубков С.Ю

(прізвище та ініціали)



(підпис)

Керівник роботи

доц., к.т.н. Логунов О.М.

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



(підпис)

Завідувач кафедри

доц., к.т.н. Романченко О.В.

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

(підпис)

Сєверодонецьк – 2022

РЕФЕРАТ

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

Тема бакалаврської роботи: «Проектування, моделювання та розрахунок поршневого компресора».

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;

Виконано проектно-конструкторський розрахунок. Проведений розрахунок деталі «Вал»

Пояснювальна записка містить такі розділи:

- реферат;
- зміст;
- вступ;
- загальний опис токарних верстатів, опис даного верстату;
- проектно-конструкторський розрахунок;
- розробка технологічного процесу;
- висновки
- рекомендовану літературу

Ключові слова: токарний верстат, вал, обробка, розрахунок, різець.

					0000.00.000.ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат			
Розроб.					Лит.	Лист	Листов
Перев.						1	2
Реценз.					РЕФЕРАТ СНУ ім. В.Даля кафедра МПМ		
Н. Контр.							
Утверд.							

Проектування, моделювання та розрахунок поршневого компресора

Пояснювальна записка містить такі розділи:

- реферат;
- зміст;
- вступ;
- загальна характеристика токарних верстатів, характеристика цього верстата;
- проектно-конструкційний розрахунок;
- розробка технологічного процесу;
- висновки
- рекомендована література

Ключові слова: токарний верстат, вал, різьблення, обробка, редуктор, кінематична схема, електрична схема.

					0000.00.000.ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат			
Розроб.							
Перев.						1	2
Реценз.					0000.00.000.ПЗ		
Н. Контр.					СНУ ім. В.Далія		

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 опозитніє 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	

					0000.00.000.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат	ЗМІСТ	Лит.	Лист	Листов
Разраб.								
Перев							4	2
Реценз.						СНУ ім. В.Даля		
Н. Контр.						кафедра МПМ		
Утверд								

	17
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

					0000.00.000.ПЗ	мЛу
Изм.	мЛу	докум.	ідпис	аДа		

ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСА ОБРОБКИ ВАЛУ ПРИВОДА ПОРШНЕВОГО КОМПРЕСОРА

Метою технічної частини бакалаврської роботи є розробка та проектування технічних процесів і технічного обладнання. Вони забезпечують продуктивність праці, якість продукції, зниження собівартості і матеріаломісткості, поліпшення умов праці, вирішення складних взаємопов'язаних технічних, конструкторських, організаційних і економічних питань.

Технологічну схему розроблено на прикладі деталі «вал», призначенням якої є передача обертового моменту, підтримка та координація положення шестерні. У бакалаврській роботі запропоновано наступні етапи розробки процесу обробки:

- Визначення типу виробництва;
- Вибір типу заготовки, спосіб її отримання та розрахунок основних розмірів заготовки з виконанням робочого креслення;
- Розробка маршрутного технологічного процесу обробки деталей;
- Розрахунок режимів різання аналітичним та табличним методами;
- Розрахунок точності операцій.

Велика увага приділяється визначенню правильної товщини припусків на обробку, що є відповідальним техніко-економічним завданням.

При використанні надто великих припусків відбувається надмірна втрата матеріалу, що перетворюється на стружку; до збільшення пружної деформації технологічної системи верстат – пристосування – інструмент – заготівля за рахунок збільшення сили різання, а отже, до зниження точності обробки;

					0000.00.000.ПЗ		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>	0000.00.000.ПЗ		
<i>Розроб.</i>							
<i>Перев.</i>							
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Утверд.</i>							
					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
					1	2	
					<i>СНУ ім. В.Даля</i>		
					<i>кафедра МПМ</i>		

Проектування та розробка технологічного процесу обробки валу привода поршневого компресора

Поршневий повітряний компресор - пристрій, що забезпечує стабільну роботу пневматичних інструментів і машин за рахунок накопичення і перерозподілу стисненого повітря до споживачів повітря. Основними частинами конструкції є поршень і циліндр. Всмоктування і всмоктування повітря здійснюється через клапан.

Поршні стискають і транспортують повітря або рідини, такі як масло, холодоагент тощо під тиском. Поршневі компресори найчастіше використовуються в системах високого тиску.



Изм.	Лист	№ докум.№	ПідписП	Дат

0000.00.000.ПЗ

Лист

55

Рис. 1

Основними елементами конструкції поршневого компресора є головний циліндр, допоміжний поршень і клапани (нагнітальний і всмоктуючий), розташовані під головкою блоку циліндрів. Саме в цьому типі компресора Кривошипно-шатунний механізм взаємодіє з колінчастим валом для здійснення зворотно-поступального руху поршня.

Цей тип компресора може бути оснащений одним або декількома горизонтально/вертикальними/V-подібними/W-подібними циліндрами. Ці агрегати можуть бути односторонньої або подвійної дії (якщо поршень працює з обох сторін), а також мати різний тип стиснення: багатоступінчастий або Одноступінчаті

У цьому типі обладнання зазвичай передбачено автоматичне регулювання швидкості вироблення для забезпечення постійного рівня тиску в трубопроводі. Найпростіший спосіб регулювання - це зміна частоти обертання вала компресора.

Поршневі компресорні агрегати бувають багатьох типів, з різними варіантами, доступними на ринку, щоб задовольнити будь-які промислові потреби. У багатьох випадках поршневий насос є найкращим 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);

					0000.00.000.ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат	0000.00.000.ПЗ		
Розроб.					Лит.	Лист	Листов
Перев.						1	2
Реценз.					СНУ ім. В.Даля		
Н. Контр.							

- Стиснення агресивних газів; При нагнітанні високого рівня тисків поршневі агрегати працюють як у конструкції, оснащених як одним поршнем, так і в системі з двома та більше (до 40 атмосфер). переваги:

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

Недоліками є менший рівень економічності, частіші поломки та гучність.

1.2.1 Принцип дії компресора поршневого типу

Принцип роботи поршневого компресора з горизонтальним розташуванням циліндрів

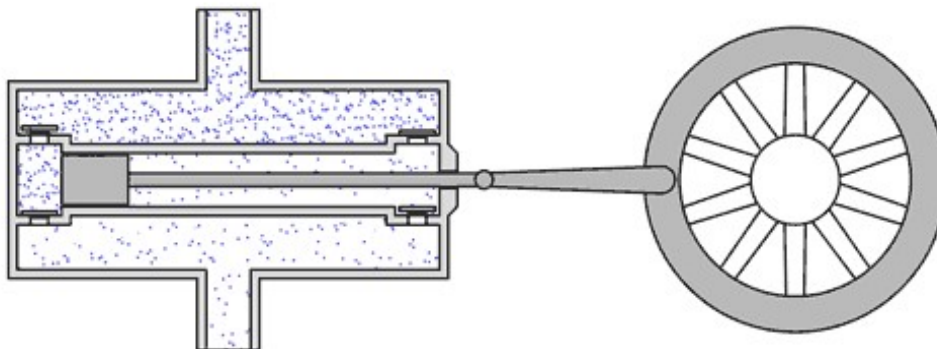


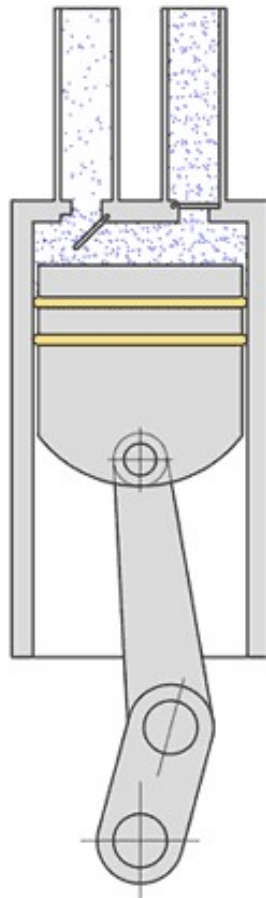
Рис. 2 «Схема поршневого компресора»

Принцип роботи поршневої компресорної установки дуже простий. Класична модель приладу складається з корпусу (з чавуну), циліндрів (розташованих горизонтально/вертикально/похило), поршнів, клапанів (всмоктувальний і нагнітальний).

					0000.00.000.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.					0000.00.000.ПЗ	Лит.	Лист	Листов
Перев.							1	2
Реценз.						СНУ ім. В.Далія кафедра МПМ		
Н. Контр.								
Утверд.								

Поршневі компресори складаються з робочого циліндра і поршня, клапанів (всмоктувального і нагнітального), які розташовані в головці блоку циліндрів. Для передачі зворотно-поступального руху поршня до заготовки кріпиться кривошипно-шатунна ланка з колінчастим валом.

Поршень ініціює прямий привід кривошипа та ланки, стискаючи атмосферу під час зворотно-поступального руху, а потім штовхаючи її в підключену зону магістралі. Схема роботи поршневого компресора виглядає



наступним чином:

Рис. 3 «Схема компресора з вертикальним розташуванням циліндра»

За два ходи поршня зазвичай прийнято один оберт вала. У кожному циліндрі за один оберт вала може відбутися один повний цикл роботи

					0000.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		8

компресора. Коли поршень рухається вправо, в конденсаторі над поршневим простором утворюється вакуум і пари холодоагенту втягуються в циліндр через клапан. Коли поршень рухається назад, пара стискається і тиск зростає. Всмоктувальний клапан закривається, і стиснена пара виштовхується в конденсатор і виходить через випускний клапан. Потім поршень змінює напрямок, випускний клапан закривається, і компресор знову всмоктує пару з випарника. Весь робочий процес зациклюється знову і знову.

Вільний простір, що утворюється в порожнині циліндра під час опускання поршня, випускає повітря. В результаті падіння тиску відкривається випускний клапан і пропускає повітря в камеру стиснення. Після проходження поршнем точки повороту, відповідної максимальному об'єму камери стиснення, випускний клапан закривається з подальшим підвищенням тиску повітря. Чим менший об'єм камери, тим вищий тиск повітря. При досягненні заданої межі відкривається зливний клапан. У цей момент стиснене повітря виходить із камери.

Для зменшення зносу стінок циліндра і поршня в циліндровий вузол подається масло, що призводить до зниження якості повітря, що подається, змішується з дрібними краплинами масла. Тому при використанні технології чистого повітря необхідно встановлювати масловідділювач в лінії подачі. Сепаратор допомагає видалити частинки масла з потоку повітря.

Поршневі компресори, які використовуються на заводах і промислових підприємствах, не повинні працювати по одному, зазвичай купують два. За нормальних умов експлуатації один із них можна зарезервувати для технічного обслуговування чи ремонту, а другий, звичайно, використовуватиметься для промислового використання.

									Лис
									9
Изм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат	0000.00.000.ПЗ				

1.3.1 Основні деталі і конструктивні особливості поршневих компресорів

Компресорні агрегати у вигляді поршнів є найбільшим видом обладнання, здатним стискати повітря. Він працює шляхом вприску певної кількості повітря з циліндра, а потім стискання цієї частини під час її руху. Обидві сторони поршня доступні для стиснення (так званий принцип подвійної дії). Двоступеневі поршневі компресорні установки виробляють високу якість стисненого повітря і активно використовуються у виробничих процесах з високими технічними вимогами.

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

Ці компресори прості за конструкцією, їх можна ремонтувати та замінювати запасними частинами. Однак таке обладнання потребує регулярного обслуговування.

1.4.1 Типи поршневих компресорів

В даний час на ринку представлені різні модифікації поршневих компресорів. Існує багато моделей одноступінчастих, багатоступінчастих компресорів, односторонніх, двосторонніх всмоктувальних, мокрих і безсальникових компресорів тощо. Деякі поршневі компресори потребують змащування мінеральним маслом, а деякі ні. Базові моделі поршневих компресорних установок можна класифікувати за типом приводу, рівнем кінцевого тиску, кількістю ступенів стиснення та типом виконання.

Можна виділити такі типи поршневих компресорів:

					0000.00.000.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		10

- одинарної (безкрейцкопфної) або подвійної дії (крейцкопфної);
- олійні та безолійні (сухого тертя або сухого стиску);
- горизонтальні, вертикальні, кутові за розташуванням циліндрів.
- за кількістю ступенів – багатоступінчасті, одноступінчасті.
- з різною кількістю циліндрів.

За типом приводу компресори поділяються на установки:

- з прямим приводом (забезпечують суттєву економію електричної енергії, демонструє нижчий рівень шуму щодо агрегатів сушіння, та мають більш високий показник ККД);
- з ремінним приводом (демонструють менші динамічні навантаження при запуску завдяки прослизу ремінної передачі).

За класом вихідного тиску поршневі компресори поділяються на агрегати низького тиску (від 5 до 12 бар), середнього тиску (від 2 до 100 бар) і високого тиску (від 0 до 1000 бар).

За кількістю ступенів стиснення поршневі компресори бувають багатоступінчасті, двоступінчасті та одноступінчасті. У багатоступеневих компресорах важливо не допускати надмірного підвищення температури стиснення газу (не перевищувати 180°C) через ризик вибуху та пожежі.

За типом виконання ці агрегати поділяються на стаціонарні та мобільні (пересувні).

Виготовлений з чавуну. Циліндри і картер розташовані в корпусі. Колінчастий вал розташований в картері. Масло в мастильній частині впорскується в нижню частину картера. Шийки колінчастого вала розташовані в

					0000.00.000.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		11

підшипниках. Масляне ущільнення діє як цапфа для запобігання витoku холодоагенту. Маховик притискається до цапфи. Повернення від двигуна через пасову передачу.

Поршневий компресор в розрізі зображено на рисунку 4.

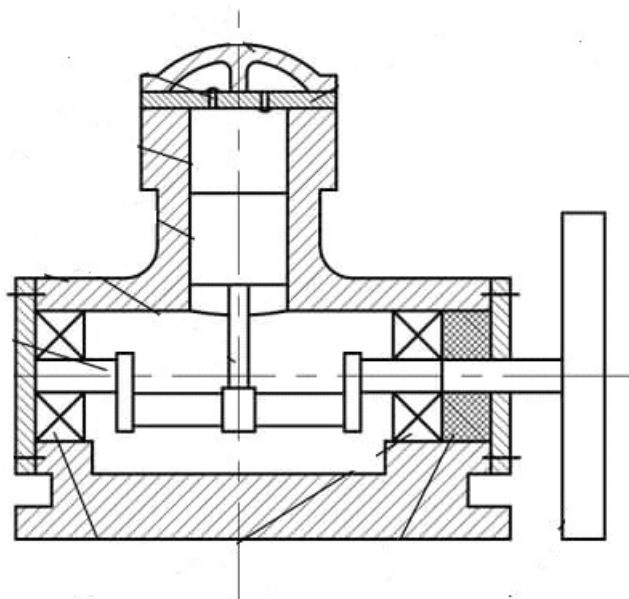


Рис. 4 «Поршневий компресор в розрізі»

Шатун і поршень з'єднані поршневим пальцем, малюнок 4. При другому значенні радіуса кривошипа поршень переміщується в крайнє положення циліндра.

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

Всмоктувальний і напірний клапани в повітряних камерах головки блоку циліндрів.

					0000.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		12

Призначення: закрити отвір між камерою і циліндром.

Випарник підключений до всмоктувальної труби, а конденсатор - до напірної.

За типом розташування циліндра поршневі компресори поділяються на вертикальні, горизонтальні та кутові.

Рис 5

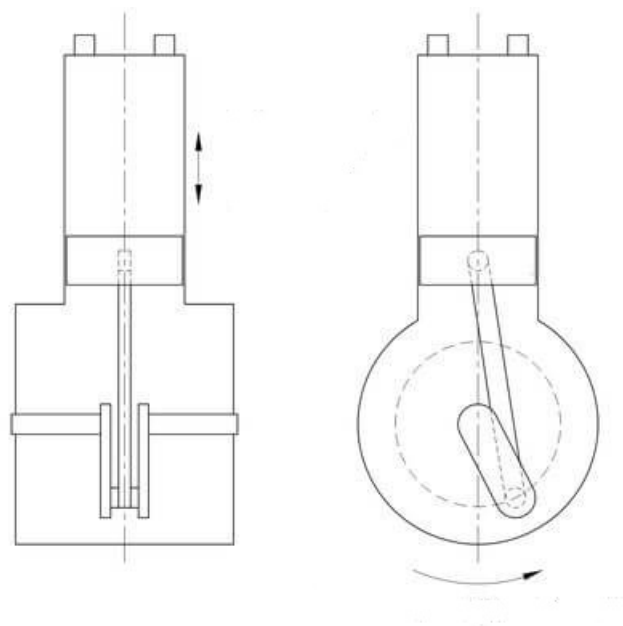


Рис. 5 «Схема руху поршня, кутове розміщення»

В одних рядах циліндри можуть розташовуватися вертикально, а в інших - горизонтально. В даному випадку мова йде про прямокутний компресор. Розташування циліндрів буває V-типу та W-типу (компресори бувають V-типу та W-типу відповідно відповідно до розташування циліндрів).

					0000.00.000.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		13

У-подібне розташування циліндрів:

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

Вертикальне розміщення.

При вертикальній установці циліндр розташовують вертикально. Кількість циліндрів визначає екземпляр тиску компресора і впорскування. На малюнку нижче показано перехресний компресор подвійної дії. На рамі (матеріал: чавун) закріплено кілька рядів циліндрів. Ряд із кількох рядів — це така велика доріжка в колінчастому валу на головному кожусі. Склонуйте довжину та виберіть відстань між циліндрами відповідно до кількості необхідних підшипників. Приводиться в рух від електродвигуна за допомогою навішування або клинопасової передачі. Маховик — напівмуфта на валу. Трансмісійний шків встановлений на кінці вала, а всмоктувальний і нагнітальний клапани пластинчасті і автоматичні. Такі компресори можуть виготовлятися з одним-чотирма ступенями стиснення і випускаються в одно- і дворядному виконанні.

Вертикальний дворядний двоступеневий компресор Рис. 6

					0000.00.000.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		14

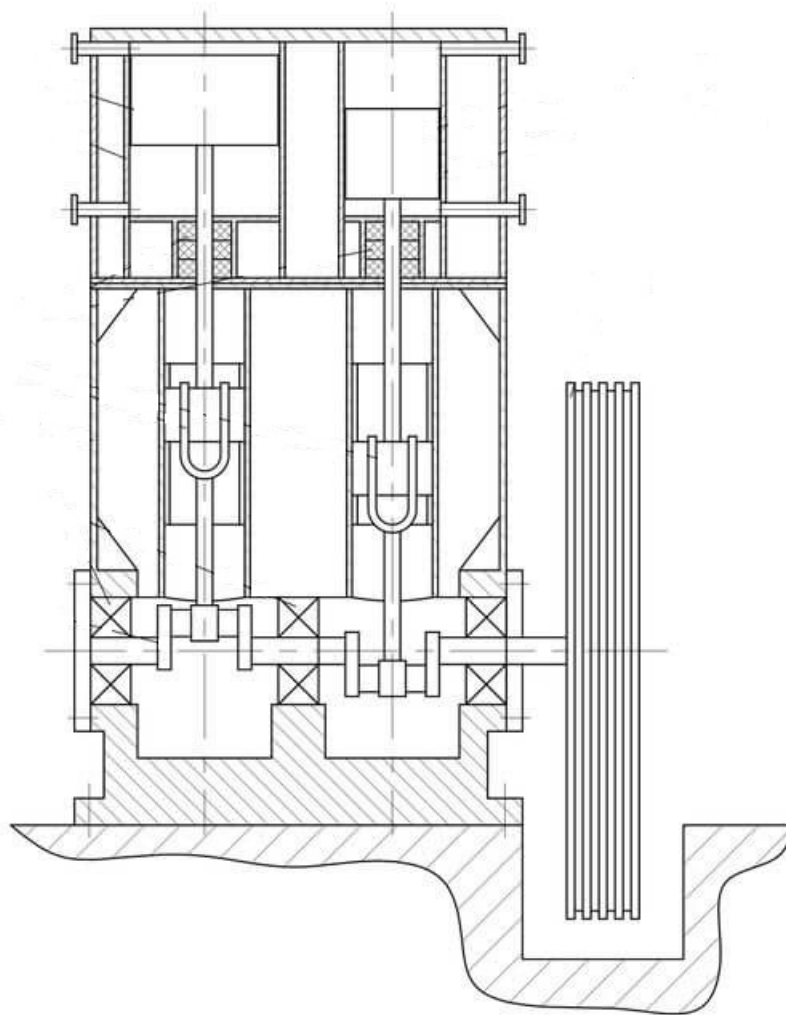


Рис. 6 «Вертикальний дворядний двоступеневий компресор»

Горизонтальне розміщення.

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

опозитное виконання

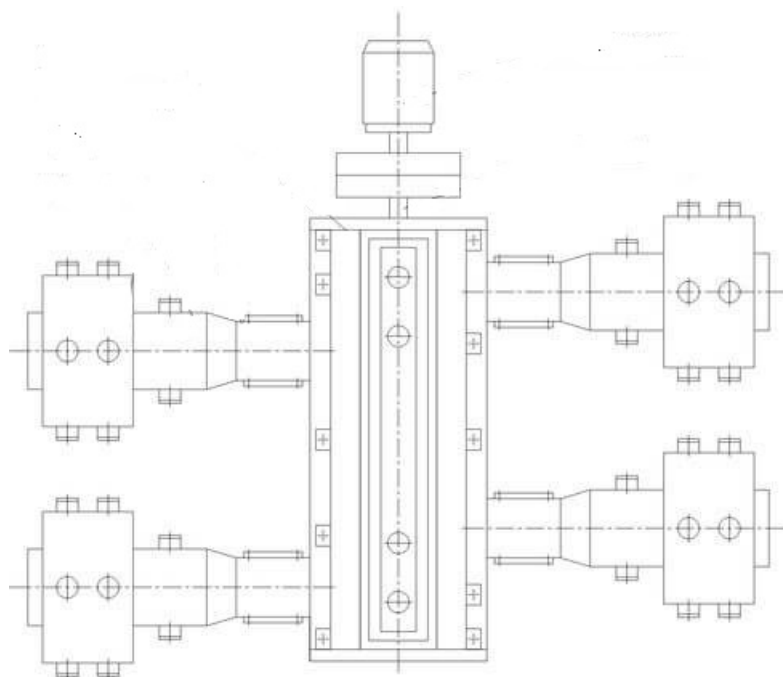
Поршневі компресори середньої та високої продуктивності (розташування циліндрів з обох боків колінчастого вала) є результатом

технологічного прогресу, коли поршні рухаються в контакті один з одним. Компресор відрізняється високою динамікою і збалансованістю, компактністю і малою вагою.

Агрегати малої та середньої продуктивності мають прямокутну конструкцію та П-подібне розташування циліндрів. Ополитні компресори Використовується частіше, ніж стандартний, завдяки покращеній продуктивності.

Наведемо приклад горизонтального хрестоподібного компресора подвійної дії з циліндрами, розташованими один навпроти одного. Поршні рухаються у взаємно протилежних напрямках. Ця конструкція компактна і швидко працює. Установка таких агрегатів проста завдяки зручному розташуванню пристрою між сходами і багажним відділенням. Частина компресора можуть бути оснащені збільшеними блоками.

Горизонтальний ополитний чотирьохрядний багатоступінчастий компресор рис. 7



					0000.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		16

Рис. 7 «Горизонтальний опозитний чотирьохрядний багатоступінчастий компресор»

Циліндри в опозитних компресорах можуть розташовуватися в 2, 4 і 6 рядах. Дивіться Розділ 7. вище. Нижня частина рами коробки промаслена (матеріал чавун, лиття). Ребра, стяжки і розпірки вгорі створюють жорсткість базової рами. Корінний підшипник підбирається за кількістю рядів циліндрів, яких може бути 3, 5 і 7 відповідно. 2 упорних підшипника з тонкостінними втулками, розташованими біля приводу.

Великі компресори, в яких 8 блоків циліндрів від закордонного заводу виробника мають 2 окремі рами (коробчасті). Привідний механізм розташований між рамами. Напрямні хрестовини встановлені з кожного боку рами і кріпляться вертикально до фланців. Поворотний кронштейн використовується для кріплення направляючої до рами невеликого компресора. Рейки в інших компресорах вимагають жорстких опорних ніжок. Кількість рядів циліндрів відповідає кількості шатунів на колінчастому валу. Парні горловини ланки, що стягуються на 180° (загальні щоки). У 4-рядному компресорі одна пара шатунів повернута на 90° відносно іншої. Якщо рядів 6, то поворот вже 120° .

В якості матеріалу для литих циліндрів перших 3 ступенів використовується чавун. Головка блоку циліндрів має сорочку з водяним охолодженням. Виключити перший ступінь холодильного компресора. В якості матеріалу для другого ступеня використовується сталь (кований циліндр). Знімна кришка для охолодження. Залежно від розмірів і кількості циліндрів в ряду вони мають 1 або 2 коливальні опори. Клапани зазвичай встановлюються безпосередньо.

					0000.00.000.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		17

Компресор приводиться в рух електродвигуном з вбудованим ротором. Ротор є консольним кінцем вала, а статор є основою. Іноді на деяких типах компресорів ротор може розташовуватися на допоміжному валу.

Поршень Поршень подвійної дії виготовляється поворотом (ковзанням) протягом перших 3 ступенів стиснення. На наступному етапі встановлюється поршень диференціала. Компонентами ущільнення сальника є сальник, попередні ущільнювачі та масляний піддон.

клапан. Деякі конструкції та типи клапанів краще підходять для існуючих умов експлуатації, ніж інші. Для роботи в холодильних компресорах і деяких повітряних компресорах більше підходять всмоктувальні клапани. Для водню найбільш надійними є грибоподібні клапани, щілинні клапани та концентричні кільцеві клапани. В інших випадках використовуйте кільцевий клапан. прохідний інжекторний клапан. Засувки тарілчасті застосовуються в ступенях високого тиску і при роботі з коксовим газом або домішками.

Більші компресори мають 2 окремі рами з 2 колінчастими валами, прикріпленими до ротора двигуна. Вал ротора встановлений на 2 підшипниках, закріплених на опорах.

Колінчастий вал в компресорі з 2 проміжними рамами може використовувати підшипники обох рам електродвигуна. Між рамами монтується знімний ротор. Вал обертається вручну або за допомогою електроприводу, храповик встановлений на кінці колінчастого вала з іншого боку двигуна. Якщо є зовнішній підшипник, напрямний ротор також можна розмістити на зовнішній частині вала.

Робочий орган використовує циркуляційну систему змащення. Лубрикатори змащують циліндри і сальники. Насос з'єднаний з двигуном через муфту, а маслянка - через редуктор. Такі компресори мають кривошипно-

					0000.00.000.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		18

шатунні направляючі, хрестовини, шатуни, і шатунні втулки та інші елементи однакового розміру.

1.5.1. Типи / види і конструкції поршневих компресорів

Будь-який тип компресора або компресорної установки призначений для стиснення, подачі повітря (будь-якого газу) під тиском. Поршневий компресор називається компресором, а його поршень здійснює зворотно-поступальний рух у циліндрі.

У країнах СНД перевага віддається поршневим компресорам, які є найбільш відомими серед машин з об'ємом менше 100 куб. метрів за хвилину. Відомі наступні види поршневих компресорів Рис 8:



Рис. 8

1.5.2 Коаксіальні поршневі компресори

Для коаксіальних компресорів характерно, що муфта з'єднує колінчастий вал з електроприводом. Ці компресори мають дуже компактну конструкцію. Компресорні агрегати змащуються по-різному. Циліндропоршневу групу цього типу безмасляного компресора змащування не

					0000.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		19

потрібно. Стиснене повітря на виході з таких пристроїв не містить масляних домішок. Цей вид обладнання популярний в харчовій, фармацевтичній та медичній промисловості. У масляних коаксіальних компресорах як мастила використовуються мінеральні компресорні масла. Завдяки цьому компресор має досить високий ресурс. Коаксіальний компресор працює в циклічному режимі, тобто 20 хвилин роботи і 40 хвилин відпочинку. Робочий тиск становить вісім бар. Потужність двигуна становить близько 2,25 кВт, а продуктивність може досягати 200 л/хв. До основних переваг цих насосних пристроїв можна віднести невеликі розміри, невелику вагу і відносно невисоку вартість. Коаксіальні компресори діляться на безмасляні і масляно-поршневі.

1.5.3 Компресори безмасляні

Цей тип компресора підходить для систем, які повинні забезпечити чисте повітря. У повітрі не повинно бути масляних домішок. Безмасляний компресор має потужність двигуна 1,1 кВт, а також оснащений ресиверами різної потужності. Цей тип компресора має свої позитивні характеристики:

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

Безмасляний компресор відрізняється від масляного тим, що в ньому повітря і масло виробляються «окремо». Додаткове очищення допомагає забезпечити високоякісний вихідний потік. Безмасляні компресори поділяються на наступні види:

					0000.00.000.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		20

- Автомобільні безмасляні компресори - це компактні агрегати, які використовуються для накачування шин. Зазвичай він не оснащений приймачем і працює від батарейок.

- Побутові компресори для використання з пневматичними інструментами, такими як фарборозпилювачі. В окрему категорію входять безмасляні поршневі компресори, які, наприклад, виконують якісне фарбування, домагаючись ідеальної обробки. При використанні компактного осушувача, параметр точки роси якого не повинен перевищувати 70°C, волога повністю видаляється зі стисненого повітря і не потрапляє на пофарбовану поверхню компресора.

Цей факт сприяє підвищенню корозійної стійкості лакофарбових покриттів. Більшість імпортованих автомобілів і деякі автомобілі російських виробників фарбуються на заводах, де використовуються безмасляні компресори і адсорбційні осушувачі.

Напівпрофесійні та професійні безмасляні компресори для цехів, лабораторій, виробничих цехів, де необхідна велика подача чистого повітря. Ці компресори популярні для використання у фармацевтичній та харчовій промисловості. Однак вартість таких безмасляних компресорів висока.

1.5.4 Масляні компресори, оснащені прямим приводом

Ресивер такого компресора, якщо він є, може вмістити до 100 літрів повітря, а потужність двигуна становить близько 1,1-1,8 кВт. У порівнянні з безмасляними компресорами їх ресурс значно вище. Крім того, безмасляні компресори потребують спеціального обслуговування. Мінусом цього типу компресора є повітря з масляною емульсією на виході, що вимагає дообладнання компресора фільтром. Гідравлічні преси з прямим приводом

					0000.00.000.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		21

широко використовуються у виробництві меблів, автосервісі та ремонтних роботах, пов'язаних з реконструкцією фасадів.

1.5.5 Масляні компресори на ремінному приводі

Ресивер цього компресора (при наявності) вміщує від 25 до 100 літрів повітря, а потужність двигуна становить близько 1,5-15 кВт. За рахунок ремінної передачі можна знизити обороти двигуна, вони мають різні значення. Перший поршень попередньо стискає повітря, а другий поршень доводить повітря до потрібного тиску. Ці компресори використовуються при великому споживанні повітря. Надійна система охолодження запобігає перегріву і зносу двигуна. Це дозволяє використовувати двигун компресора в безперервному режимі роботи.

1.5.6 Ремінні поршневі компресори

Ремінні компресори мають ремінну передачу, яка з'єднує колінчастий вал з електроприводом, що забезпечує високу продуктивність і тривалий термін служби. Цей тип компресора може безперервно працювати протягом декількох годин. Найчастіше використовуються в будівництві, на шиномонтажних майстернях і СТО. Потужність двигуна приблизно 2,25 - 5,5 кВт. Продуктивність компресора може досягати 500 л/хв, а робочий тиск досягає 16 бар, а в деяких випадках 30 бар. Позитивним моментом є те, що повітря стискається до необхідних високих параметрів.

Розташування циліндрів в компресорі дозволяє розділити їх на вертикальні, горизонтальні і кутові компресори.

					0000.00.000.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		22

компресорні

пристрої.

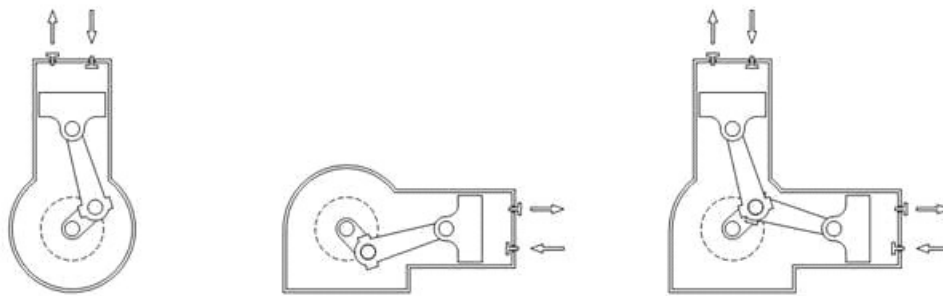


Рис. 9 «Розташування циліндрів в компресорах дозволяє поділити їх на вертикальні компресори, компресори горизонтального типу і кутові компресорна установка»

До вертикальних компресорів належать такі, у яких циліндри розташовані вертикально. Малюнок 9

У горизонтальних компресорах циліндри можуть розташовуватися з одного боку валу, тому вони називаються горизонтальними компресорами зі стороною циліндра. Якщо циліндри розташовані по обидві сторони валу, компресором називають компресор, розміщений по обидва боки циліндра.

Рис 10

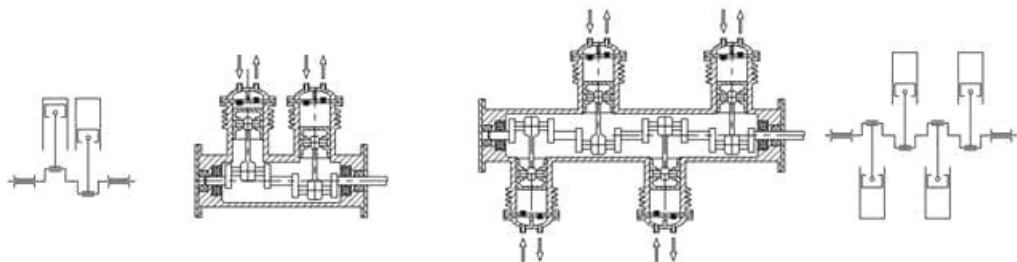


Рис 10 «Горизонтальний з одноступінчатим розміщенням циліндрів і двуступінчатим»

У кутових компресорах циліндри в одних рядах розташовуються вертикально, а в інших – горизонтально. Це прямокутні компресори. У

					0000.00.000.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		23

ротаційних компресорах циліндри можуть бути похилими, V-подібними і W-подібними. Такі компресори називаються відповідно V-типу та W-типу.

Рис. 1.10

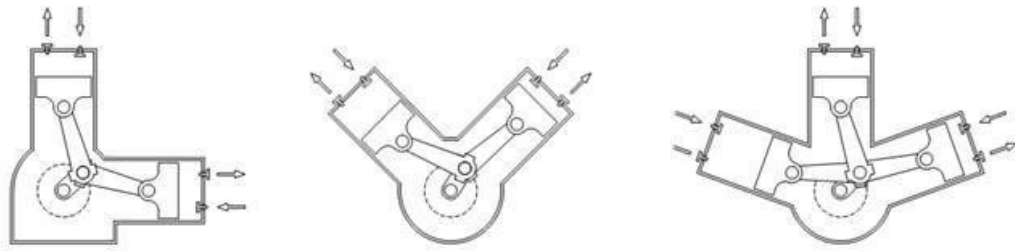


Рис. 11 «Прямокутний, V-образний, W – образний тип»

1.5.7 опозитні компресори

Зворотна продуктивність типова для компресорів середньої та високої продуктивності. Поршневі компресори - це горизонтальні пристрої з поршнями, які здійснюють протилежні рухи. Циліндри, розміщені по обидва боки від них, клонуються. Ці поршневі компресори відрізняються високою потужністю, збалансованістю, невеликими розмірами і малою вагою. Завдяки цьому опозитний компресор практично повністю замінив великий горизонтальний компресор .

Рис 1.11

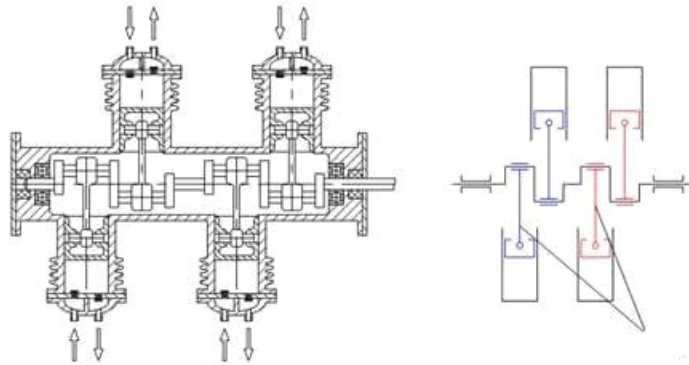


Рис 12 «Опозитний компресор»

Компресорні установки з малою та середньою виробничою потужністю зазвичай являють собою прямокутні компресори та компресори з U-подібною конфігурацією циліндра.

1.5.8 Компресори бескрейцкопфние і крейцкопфні

Серед сучасних конструкцій поршневих компресорів слід розрізняти бескрейцкопфні і крейцкопфні.

					0000.00.000.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		25

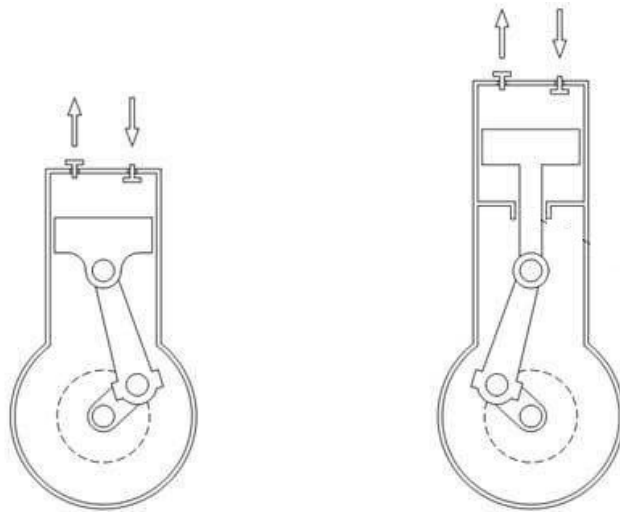


Рис. 13 «Безкрейцкопфний компресор і крейцкопфний»

У хрестоподібному компресорі обертальний рух привода перетворюється на поступальний рух поршня, інакше рис.13

порівняно з крейцкопфним компресором. Безкрейцкопфні компресори мають багато переваг:

- вони компактні;
- Має відносно простий механізм переміщення;
- світло;
- Єдина система змащення.

Крім переваг, цей тип компресора має явний недолік: газ просочується через поршень в картер. В результаті картер працює під тиском, при цьому повітря в ньому контактує з маслом, що перекачується. Компресори Безкрейцкопфні працюють лише в одному напрямку. Це неефективно

використовує циліндр. Тому компресори великої потужності і високого тиску, а також горизонтальні компресори завжди виготовляються хрестоподібними.

Рис 14.

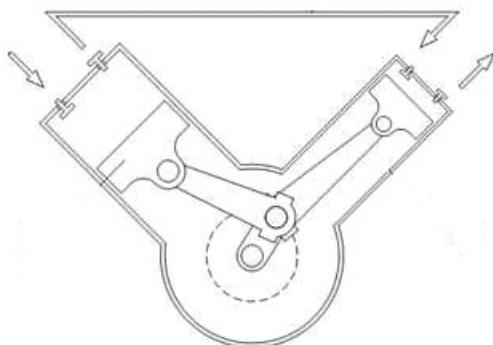


Рис 14 «Двуступінчатий поршневий компресор»

Крім наведеної вище класифікації компресорів, ми також групуємо поршневі компресори за певними ознаками:

1. За принципом роботи компресор поділяється на циліндр простої дії та циліндр подвійної дії. Диференціальними циліндрами оснащуються тільки багатоступінчасті компресори;
2. За кількістю ступенів - бувають одноступінчасті, двоступінчасті, триступінчасті компресори та ін. Максимальна кількість ступенів сучасних компресорів зазвичай становить сім;
3. За кількістю циліндрових вузлів - одноциліндрові, двоциліндрові, трициліндрові та багатоциліндрові;

					0000.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		27

4. Кількість рядів відповідно до розташування циліндра: однорядний, дворядний, багаторядний;

5. За розташуванням циліндрів у площині - компресори, розташовані з кутовим компресором і П-подібним циліндром;

6. Ополитний компресор: горизонтальний пристрій, оснащений поршнями, які рухаються в протилежних напрямках;

7. За способом охолодження: водяні та повітряні. Компресори, оснащені водяним охолодженням, як правило, мають велику потужність;

8. За продуктивністю - малі компресори, низькопродуктивні компресори, середньопродуктивні компресори та високопродуктивні компресори;

9. За кількістю поршнів: одно-, дво- і трипоршневі компресорні апарати.

На сьогоднішній день поршневий компресор залишається найбільш поширеним типом компресора для холодильного обладнання. Вони також широко використовуються в системах кондиціонування повітря. Існує кілька видів поршневих компресорів:

Герметичний поршневий компресор. У цьому типі компресора двигун безпосередньо підключений до самого компресора в зварному сталевому корпусі з листової сталі. Потік всмоктуваного повітря охолоджує електродвигун.

Напівгерметичне компресорне обладнання. Двигун безпосередньо з'єднаний з компресорами, які розміщені в чавунних корпусах, де можна проводити технічне обслуговування або ремонт. Електродвигун охолоджує всмоктуваний газоподібний холодоагент.

					0000.00.000.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		28

Увімкніть компресорну установку. Компресор розміщений безпосередньо в чавунному корпусі, з якого виступає вал для підключення окремого двигуна. Цей компресор оснащений аварійним датчиком електронного типу для визначення нестачі мастила.

1.6.1 Конструкція поршневого компресора

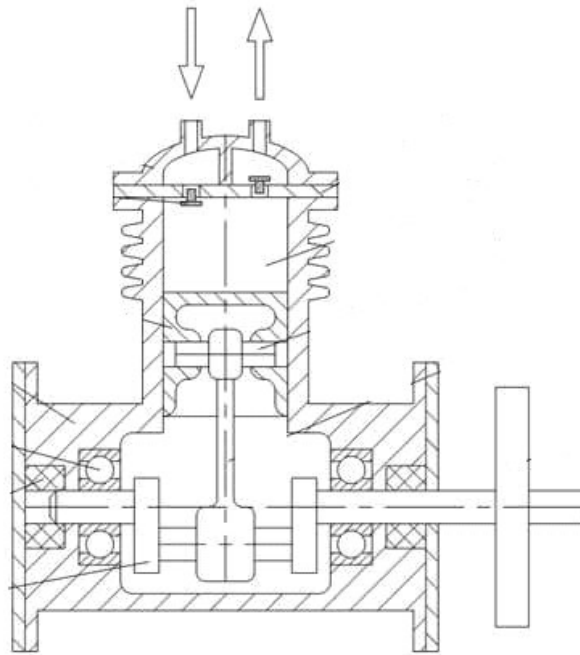


Рис 15 конструкція поршневого компресора

Циліндр, де розташований колінчастий вал, і картер (рис. 15) розміщені в чавунному корпусі поршневого компресора. У нижній відсік картера заливається мастило для деталей. Корінна шийка вала розташована в підшипнику, а нижня головка шатуна з'єднана з його шийкою.

Шийки, що виходять з картера, ущільнені сальниковими коробками, щоб уникнути витoku, наприклад, холодоагент може витекти через зазор між валом і підшипником. На валу, а точніше на його шийці розташований маховик, який обертається разом з валом. Обертання здійснюється електродвигуном за допомогою пасової передачі.

					0000.00.000.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		29

Верхній кінець шатуна з'єднаний з поршнем через поршневий палець. Вал обертається, при цьому поршень по черзі переміщується з одного крайнього положення в інше. Рух відбувається вздовж осі циліндра і подвоєного радіуса кривошипа. На поршні встановлено кільце, яке притирається до циліндра і ущільнює його робочу поверхню.

Головка охоплює верхній кінець циліндра. Він складається з 2 камер: камери всмоктування та камери нагнітання. Кожна камера оснащена клапаном, назва якого відповідає назві камери: всмоктувальний клапан і нагнітальний клапан. Камера всмоктування з'єднана з лінією всмоктування, з'єднаною з випарником, а камера тиску - з камерою нагнітання, яка з'єднана з конденсатором.

1.6.2. Переваги і недоліки компресорів поршневого типу

На території пострадянських країн найбільшим попитом користується поршневе компресорне обладнання з показниками продуктивності в межах 100 куб. м/хв. Це пояснюється рядом переваг перед аналогами. Так, апарат економічний, надійний, простий за конструкцією і зручний в обслуговуванні. Поршневі компресори добре справляються з частими перемиканнями і ідеально підходять для короткочасних робіт, роботи в несприятливих умовах (підвищена вологість, брудне повітря і т.д.). Цей тип установки може починатися з будь-якого початкового рівня тиску, досягаючи вихідного тиску до 1000 бар і вище. Поршневе компресійне обладнання також здатне стискати будь-який тип газу, включаючи корозійні, токсичні та вибухонебезпечні газу, і є найкращим рішенням для роботи в приміщеннях, де потрібна невелика кількість стисненого повітря.

					0000.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		30

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;

					0000.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		31

-висока енергетична витратність;

-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

Поршневі компресори широко використовуються в професійних сферах і в побуті. Як повітродувки вони забезпечують роботу пневматичних пристроїв, таких як пневматичні гайковерти, пістолети-розпилювачі тощо. Їх використовують для накачування шин на СТО.

Поршневий компресор простої конструкції є найпоширенішим видом компресорного обладнання на сьогоднішній день. Завдяки своїм технічним параметрам ці типи компресорів використовуються в багатьох галузях промисловості: машинобудуванні, харчовій, хімічній та інших.

Поршневі компресори використовуються для пневматичного обладнання, яке не має високої витрати стисненого повітря в хвилину. Цей тип компресора також необхідний для отримання високих значень тиску стисненого повітря. Їх зручно використовувати при частих зупинках, тому плануються часті запуски пристрою. Іншими словами, вони стійкі до перехідних процесів, таких як увімкнення/вимкнення компресорного обладнання. Цей тип компресора зарекомендував себе неперевершеним в альтернативних несприятливих умовах експлуатації (низька або висока температура).

					0000.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		32

2. ПРОЕКТНО – КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1. Завдання до проектно – конструкторської частини

Здійснити проектний розрахунок валу приводу технологічного обладнання, побудувати його тривимірну модель в САПР та виконати креслення конструкції валу.

Вхідні дані. Вхідними даними для проектно-конструкторського розрахунку валу приводу головного руху є кінематична схема коробки швидкостей (рис. 2.1) та розрахункова схема валу (рис. 2.2). Також згідно варіанту (табл. 2.1) задаються: тип електродвигуна; передана потужність; номінальна частота обертання електродвигуна; діаметри ведучого та веденого шківів.

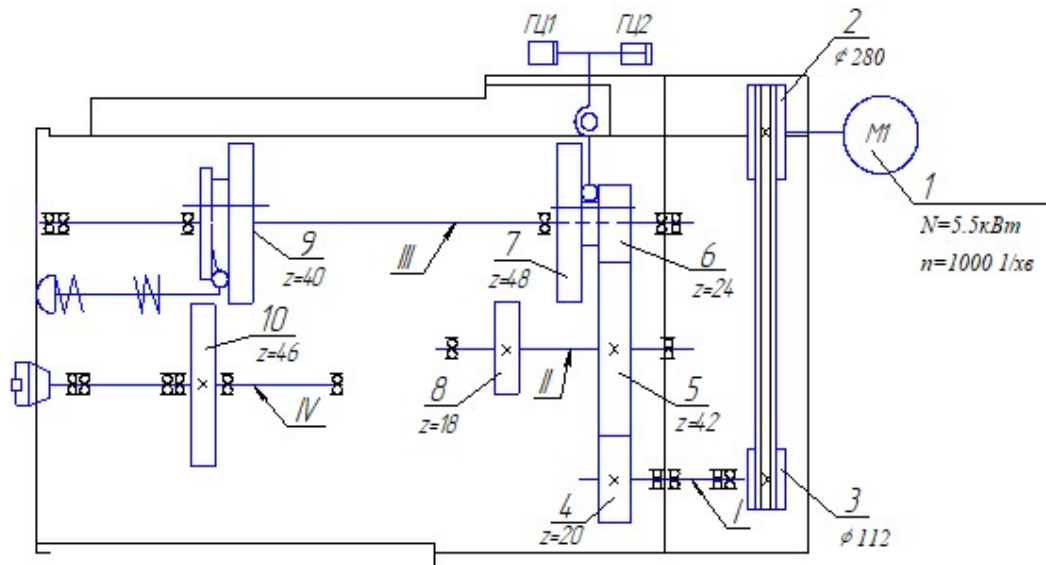


Рис.2.1- Кінематична схема коробки швидкостей

					1843.00.000.ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб	Бєщенко КІ				Лит.	Лист	Листов
Перев	ЛОГУНОВ О.М				ПРОЕКТНО – КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА		
Реценз.	Кроль О.С						
Н. Контр.							
					СНУ ім. В.Даля		
					вул. Федос МПМ		

**РИС. 2.1- ПРИНЦИПОВА КІНЕМАТИЧНА СХЕМА ПРИВОДА
ГОЛОВНОГО РУХУ**

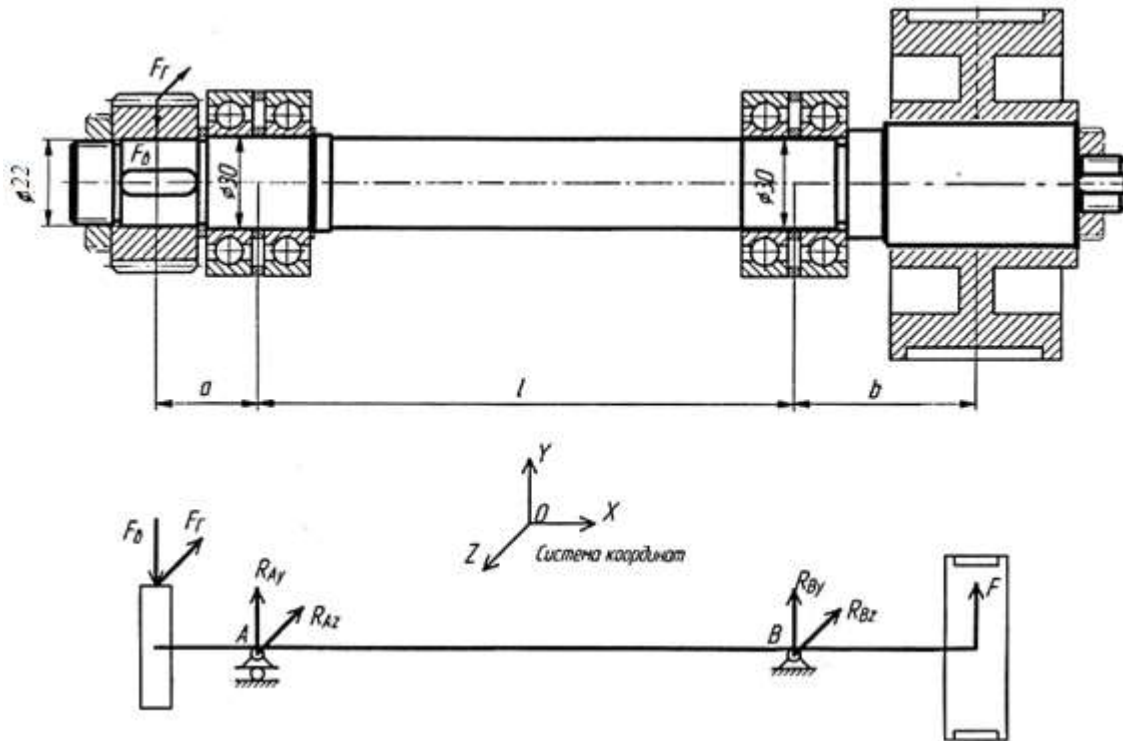


Рис. 2.2- Ескіз і розрахункова схема вузлу «Вал»

Таблиця 2.1- Вхідні дані для розрахунку

Варіант	Тип електродвигуна	Передана потужність електродвигуна $N, кВт$	Номінальна частота обертання електродвигуна $n, хв^{-1}$	Діаметр ведучого шківа $d_{p1}, мм$	Діаметр веденого шківа $d_{p2}, мм$
3	V112M	5,5	1000	112	280

Електродвигун постійного струму з двозонним регулюванням серії V з діапазоном потужностей 3,7 ... 45 кВт призначений для приводів головного руху металорізальних верстатів з числовим програмним керуванням.

Форма валу технологічного обладнання визначається.

					Лист
					10
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	1843.00.000.ПЗ

- а) числом і положенням деталей, які мають бути розміщені на ньому;
- б) необхідними посадками розміщуваних деталей;
- в) способами кріплення нерухомих деталей (шпонки, шліцьові з'єднання, буртики);
- г) напрямом пересувних деталей (направляючі шпонки, шліцьова ділянка);
- д) способом регулювання радіального і осьового положення валу або шпинделя;
- е) типом і розмірами підшипників;
- є) технологією термо– або хіміко – термічної обробки.

Вибір матеріалу і способу термо– і хіміко – термічної обробки валу залежить від умов його роботи у технологічному обладнанні і визначається:

- а) необхідними величинами меж витривалості при згинанні і при крученні, особливо для валів, які працюють в умовах різкого навантаження або з ударами;
- б) швидкістю зношення поверхонь, що допускається;
- в) формою валу і обумовленими нею можливими залишковими напругами в результаті термо– і хіміко – термічних обробок.

Якщо вал обертається в підшипниках кочення, то в особливій твердості шийок необхідності немає, і достатнє поліпшення (загартування з високою відпусткою). У подібних випадках підходить сталь 45 ДСТУ 7809:2015 (ГОСТ 1050-88) із гартуванням і відпусткою до НВ=230...260.

Основний розрахунок валів слід вести за визначенням запасів міцності по відношенню до межі витривалості в імовірно небезпечних перерізах, тобто, на опір втоми. Необхідність цього підтверджується спостереженнями за руйнуванням валів технологічного обладнання, що зазнавали під час роботи змінної напруги.

2.2. Проектно – конструкторські розрахунки

В процесі проектування валу розрізняють проектувальні і перевірочні розрахунки валів. Перевірочні розрахунки виконуються після розробки конструкції валу і виявлення на ньому імовірно небезпечних перерізів.

У кожному з цих перерізів виконуються два перевірочних розрахунки:

- розрахунок на статичну міцність при короткочасних перевантаженнях;
- розрахунок на опір втоми.

Вал вважається працездатним, якщо у всіх намічених перерізах обидва критерії міцності дають задовільні результати.

2.2.1. Проектувальний розрахунок валу

Проектувальний розрахунок виконують з умови статичної міцності з метою орієнтовного визначення діаметрів окремих рівнів. На початку розрахунку відомий тільки обертальний момент T (Н·м). Згинальні моменти M (Н·м) можливо визначити лише після розробки конструкції валу, коли згідно із загальною компоновкою виявляють його довжину і місця прикладання діючих навантажень.

Крутний момент T залежить від потужності двигуна N , кВт та частоти обертання n , хв⁻¹

$$T = \frac{N}{n} \times 9550 = \frac{5.5}{1000} \times 9550 = 52.525 \text{ Н} \times \text{м} \quad (2.1)$$

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

$$d \geq 10 \times \sqrt[3]{\frac{T}{(0,2 \times [\tau]_k)}} = 10 \times \sqrt[3]{\frac{52.525}{(0,2 \times 25)}} = 22 \text{ мм} \quad (2.2)$$

де T – крутний момент (Н·м) який діє в розрахунковому перерізі валу;

$[\tau]_k$ – допустима напруга кручення, МПа. Для Ст45 $[\tau]_k = 25$ МПа.

Отриманий діаметр валу округляють до найближчого значення з ряду нормальних лінійних розмірів, ГОСТ 6636-69.

Стандартний ряд діаметрів валів за ГОСТ 6636-69: 16; 18; 19; 20; 22; 24; 25; 28; 30; 32; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50 мм.

Після оцінки діаметра валу розробляють його конструкцію. Залежно від способу передачі руху від одного валу до іншого можна використовувати наступні співвідношення для визначення розмірів ступенів валу (табл.2.3).

Перша ступінь валу, як правило, призначається для монтажу відкритої передачі. Часто в цій якості виступає клинопасова передача. Після розрахунку діаметра першого ступеня (по крутному моменту) його значення треба узгодити з посадковим діаметром шківа пасової передачі.

Конструктивні елементи шківа (рис. 2.4) та їх значення (табл. 2.2) вибираються згідно ДСТУ ISO 22:2009 (ГОСТ 20889-88).

Таблица 2.2- Значення елементів шківа

Переріз	W_p	b	h	e	f	r
---------	-------	-----	-----	-----	-----	-----

ременя		(min)	(min)	Номін.	Граничне. відх.	Номін.	Гран. відх.	
Z(O)	8,5	2,5	7,0	12,0	±0,3	8,0	±1,0	0,5

Ступень валу та її розміри d, l	Вал-шестерня конічна	Вал- шестерня циліндрична	Вал- черв'як	Вал колеса
-----------------------------------	-------------------------	---------------------------------	-----------------	------------

A	11,0	3,3	8,7	15,0	±0,3	10,0	+2;-1	1,0
B(Б)	14,0	4,2	10,8	19,0	±0,4	12,5	+2;-1	1,0
C(В)	19,0	5,7	14,3	25,5	±0,5	17,0	+2;-1	1,5

Перша. Під елемент відкритої передачі або напівмуфту	d_1	$d_1 = 10 \cdot \sqrt[3]{T / (0,2 \cdot [\tau])}$		
	l_1	$l_1 = (0,8 \dots 1,5) d_1$ – під зірочку; $l_1 = (1,2 \dots 1,5) d_1$ – під шків $l_1 = (1 \dots 1,5) d_1$ – під шестерню; $l_1 = (1 \dots 1,5) d_1$ – під напівмуфту		
Друга. Під ущільнення кришки з отвором і підшипник	d_2	$d_2 = d_1 + 2 \cdot t$ – під ущільнення	$d_2 = d_1 + 2 \cdot t$	
	l_2	$l_2 = 0,6 d_2$ – під ущільнення	$l_2 = 1,5 d_2$	$l_2 = 2 d_2$ $l_2 = 1,25 d_2$
Третя. Під шестерню, колесо	d_3	$d_3 = d_2 + 3,2 \cdot r$ – ймовірно $d_3 \leq d_{fe1}$; $d_3 > d_{fe1}$	$d_3 = d_2 + 3,2 \cdot r$ ймовірно $d_3 \leq d_{f1}$ при $d_3 > d_{a1}$ прийняти $d_3 = d_{a1}$	$d_3 = d_2 + 3,2 \cdot r$
	l_3	l_3 – визначити графічно за ескізним компонуванням		
Четверта. Під підшипник	d_4	$d_4 = d_3 + (2 \dots 4) \text{мм}$	$d_4 = d_2$	
	l_4	l_4 – визначити графічно	$l_4 = B + c$ – для кулькових підшипників $l_4 = T + c$ – для роликів підшипників (кон)	
П'ята. Упорна або під різьблення	d_5	d_5 в залежності від d_2 (табл.2.2)	Не підлягає конструюванню	$d_5 = d_3 + 3f$
	l_5	$l_5 = 0,4 d_4$		l_5 визначити графічно

Таблиця 2.3 - Співвідношення між ступенями валів для визначення розмірів ступенів валу

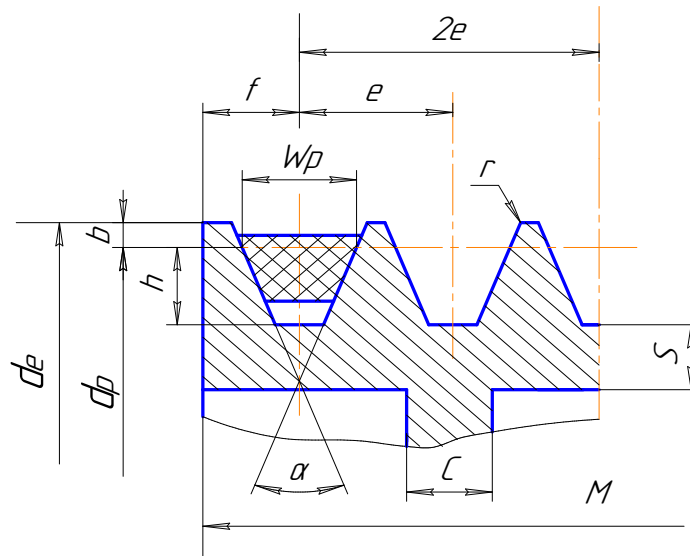


Рис. 2.4. Профіль шківя клинопасової передачі

Значення параметра ширини шківя M обчислюється за формулою:

--	--	--	--

$$M = (n-1) \cdot e + 2f = (3-1) \cdot 19 + 2 \cdot 12,5 = 63 \quad (2.3)$$

де n – кількість пасів в передачі; e – відстань між вісями канавок, мм;

f – відстань між віссю крайньої канавки та найближчим кінцем валу, мм.

Стандартний ряд розрахункових діаметрів шківів за ДСТУ ISO 22:2009 (ГОСТ 20889-88): 50; 56; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200 мм.

Діаметри і довжини інших ступенів валів d і l округлити до найближчих стандартних чисел, визначаючи діаметр кожної наступної ступені за стандартним значенням діаметра попередньої.

Діаметр другої ступені d_2 під підшипник визначається в залежності від значення діаметру першої ступені d_1 під відкриту передачу:

$$d_2 = d_1 + 2 \cdot t, \quad (2.4)$$

де t – перехід діаметра валу по відношенню до попереднього діаметра (табл. 2.4).

Стандартні значення d_2 і d_4 під підшипники кочення прийняти рівними діаметру внутрішнього кільця підшипника. Стандартні значення діаметрів і довжин інших ступенів прийняти по ГОСТ 6636-69.

Обираємо кулькові радіальні однорядні, 0000 (ДСТУ 8338-75). Для цих підшипників основним навантаженням є радіальна (F_r), але вони можуть сприймати і невелике осьове навантаження (F_a). Вони також допускають осьову фіксацію валу. При проектуванні верстатів підшипники кочення вибираються із каталогу по діаметру цапфи валу, який вже сконструйований. Вибрані підшипники потім перевіряються розрахунком за відповідним критерієм працездатності.

При розрахунку діаметрів ступенів валу значення висоти буртику t , орієнтовні величини фаски маточини f і координати фаски внутрішнього кільця підшипника r визначаються в залежності від діаметра відповідної ступені d (суміжного з ним ділянки)

Отримане значення ширини шківів перевіряємо згідно ряду нормальних лінійних розмірів за ГОСТ 6636-69. Розмір $M = 63$ мм відповідає нормальному ряду R_5 .

Виходячи з розрахунків приймаємо наступні розміри першої ступені: діаметр – $d_1 = 22$ мм; довжина – $l_1 = 63$ мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

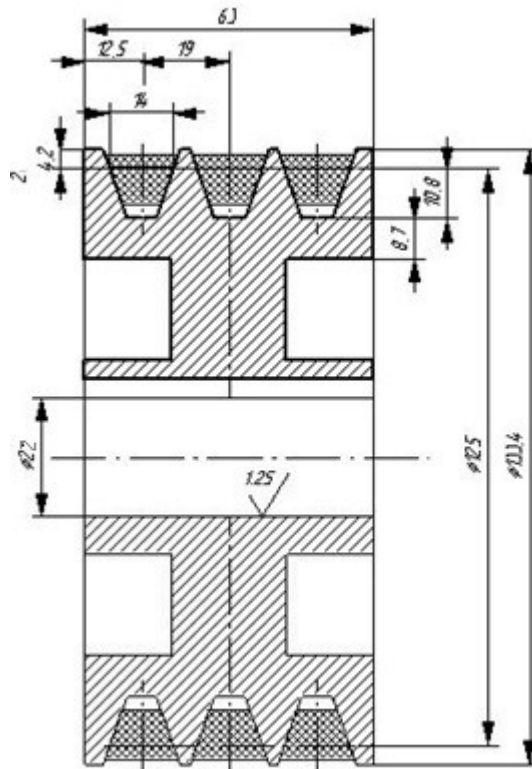


Рис. 2.7- Креслення шківу клинопасової передачі

Розрахунок діаметру другої ступені валу , на якій розташовані опори, у вигляді підшипників.

$$d_2 = d_1 + 2 \times t = 22 + 2 \times 2,2 = 26,4 \text{ мм} \quad (2.4)$$

Значення висоти буртику t , визначаються по таблиці 2.4. в залежності від діаметру суміжної з ним ступені d_1 . Для нашого випадку $t = 2.2$ мм.

Таблиця 2.4- Розміри перехідних ділянок

d	17...24	25...30	32...40	42...50	52...60	62...70	71...85
t	2	2,2	2,5	2,8	3	3,3	3,5
r	1,6	2	2,5	3	3	3,5	3,5
f	1	1	1,2	1,6	2	2	2,5

Необхідно враховувати, що значення посадочного діаметру підшипника кратне 5, тому і діаметр ступені валу приймаємо: $d_2 = 30$ мм.

Вибір підшипників. В якості опор обираємо підшипники шарикові радіальні однорядні легкої серії, згідно ГОСТ 8338-75 діаметру валу $d = 30$ мм відповідають підшипники марки 206, з

коефіцієнтом прачездатності $C = 22000 \text{ Н}$. Номінальний діаметр зовнішньої циліндричної поверхні підшипника $D = 62 \text{ мм}$, ширина $B = 16 \text{ мм}$, координата монтажно́ї фаски $r = 1,5 \text{ мм}$.

Визначення розмірів другої ступені валу. Довжина другої ступені валу під підшипник дорівнює ширині підшипника $l_2 = B = 16 \text{ мм}$.

Отримане значення довжини другої ступені перевіряємо згідно ряду нормальних лінійних розмірів за ГОСТ 6636-69. Розмір $l_2 = 16 \text{ мм}$ відповідає нормальному ряду R_5 .

Виходячи з розрахунків приймаємо наступні розміри другої ступені: діаметр – $d_2 = 30 \text{ мм}$; довжина – $l_2 = 16 \text{ мм}$.

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

$$d_3 = d_2 + 3,2 \cdot r = 30 + 3,2 \cdot 2 = 36,4 \text{ мм}, \quad (2.5)$$

Округляємо згідно ряду нормальних чисел $d_3 = 38 \text{ мм}$.

Обираємо параметри зубчастого шліцьового прямобічного з'єднання легкої серії згідно ГОСТ 1139-80 для внутрішнього діаметру $d = 42 \text{ мм}$: число зубів $z = 8$; зовнішній діаметр $D = 46 \text{ мм}$; ширина зуба $b = 8 \text{ мм}$.

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

$$l_3 = l_k - (l_1 + l_2 + l_4) = 200 - (63 + 16 + 16) = 105 \text{ мм}, \quad (2.6)$$

де l_k – довжина корпусу, мм.

Визначення розмірів четвертої ступені валу. Параметри четвертої ступені валу дорівнюють другій, так як на ній монтується ідентичний підшипник марки 206.

Виходячи зі сказаного приймаємо наступні розміри четвертої ступені: діаметр – $d_4 = 30 \text{ мм}$; довжина – $l_4 = 16 \text{ мм}$.

Зведені розміри ступенів валу приведені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5- Зведені розміри ступенів валу

Розмір	Ступінь валу			
	I	II	III	IV
d , мм	22	30	42	30
l мм	63	16	105	16

2.3. Розрахунок валу на міцність

Вал I – Вхідний вал. Крутний момент з електродвигуна передається цьому валу через поліклінову передачу. Розрахункова схема представлена на рис. 2.8.

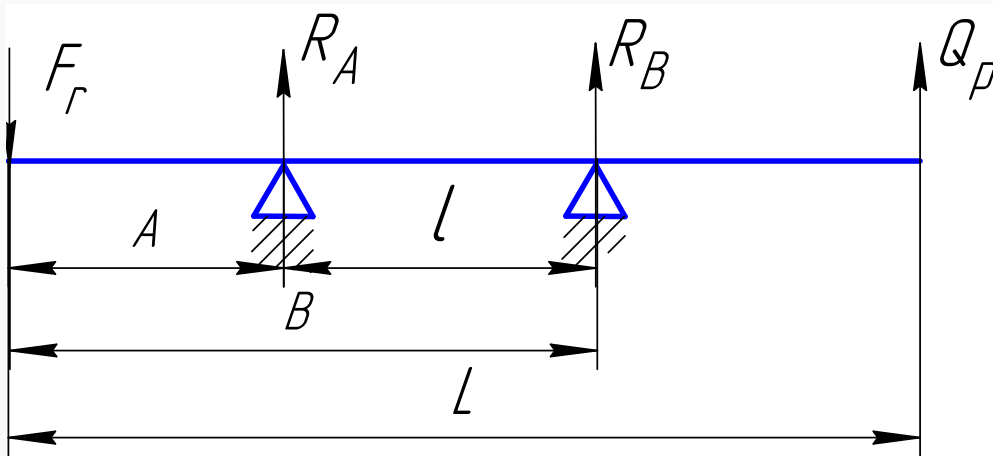


Рис. 2.8- Схема розрахунку валу I

Вхідні дані для розрахунку представлені у табл. 2.6-2.7.

Таблиця 2.6- Вхідні дані для розрахунку

Розміри, мм	d , м	Q_p , Н	Підшипник 4-206К ГОСТ 8338-75
-------------	---------	-----------	----------------------------------

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

1843.00.000.ПЗ

Лист

10

A	B	L			Размеры, мм			
					d_{ϵ}	D_H	B	
71	192	200	0.05	1463.5	30	62	16	9.53

Таблица 2.7-Характеристика підшипника

Підшипник 4-206К ГОСТ 8338-75		
z	$C_{0r}, Н$	$C_r, Н$
9	11200	19500

Окружна сила (див. рис. 2.9) визначається за формулою

$$F_t = \frac{2T}{d} = \frac{2 \times 52.525}{0.05} = 2101 \text{ Н} \quad (2.7)$$

Де T – крутний момент на I валу;

d – дільний діаметр шестерні, м.

Радіальна сила визначається за формулою (з урахуванням кута тертя в зубах)

$$F_r = F_t \times \text{tg}(\alpha + \rho) = 2101 \times \text{tg}(20 + 6) = 1025 \text{ Н} \quad (2.8)$$

Вертикальні та горизонтальні компоненти визначаються відповідно до рис. 2.9 Відповідно до наступних залежностей:

$$F_I = \sqrt{(F_t)^2 + (F_r)^2} = \sqrt{(2101)^2 + (1025)^2} = 2338 \text{ Н} \quad (2.9)$$

$$F_B = F_I \times \cos(36^\circ - 26^\circ) = 2302 \text{ Н} \quad (2.10)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

(2.11)

$$F_r = F_1 \times \cos(90^\circ - 10^\circ) = 405.916 \text{ H}$$

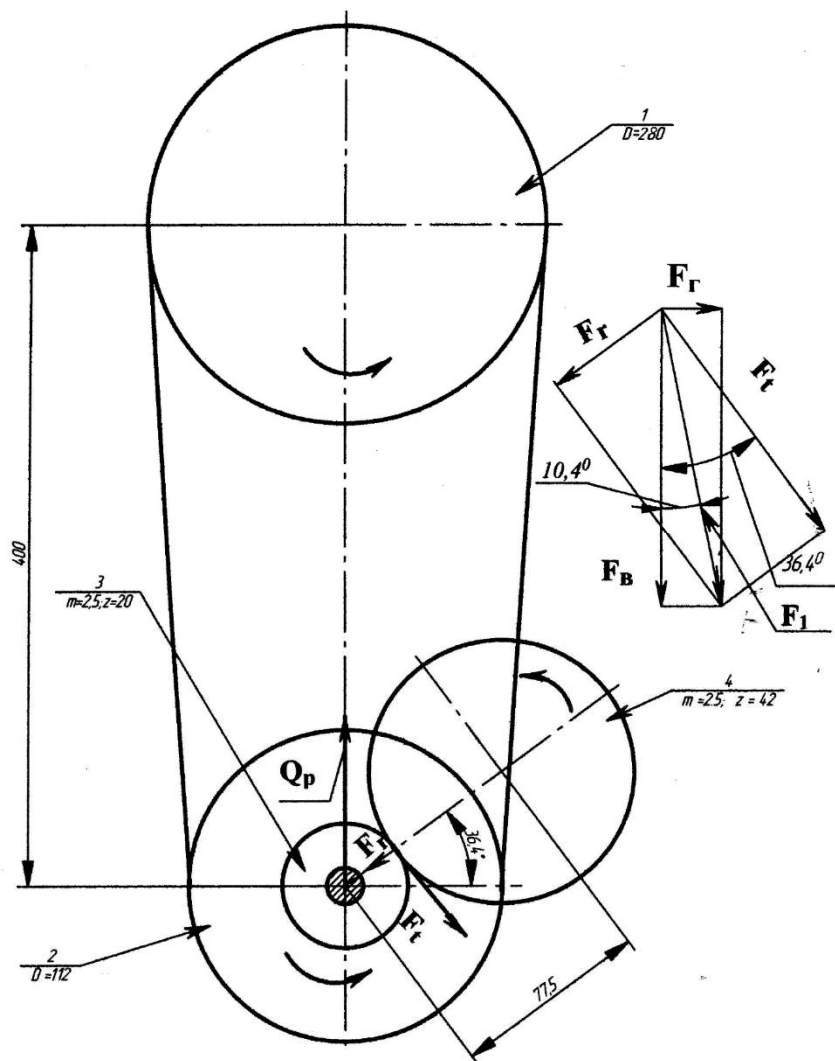


Рис. 2.9. Схема дії сил на вал I

Визначення реакцій (рис. 2.10 в,е) :

1) В вертикальній площині YOX (Z=0)

$$\sum M_A = 0$$

$$-F_B \times A - R_{BY} \times l - Q_p \times \left(1 + \frac{B_{\text{подш}}}{2}\right) = 0 \quad (2.12)$$

$$R_{BY} = -2911 \text{ H}$$

$$\sum F_Y = 0 \quad (2.13)$$

$$-F_B + R_{AY} + R_{BY} + Q_p = 0$$

$$R_{AY} = 3750 \text{ Н}$$

2) В горизонтальній площині ZOХ (Y=0)

$$\sum M_A = 0 \quad (2.14)$$

$$F_\Gamma \times A - R_{BZ} \times 1 = 0$$

$$R_{BZ} = 238.182 \text{ Н}$$

$$\sum M_B = 0 \quad (2.15)$$

$$F_\Gamma \times B + R_{AZ} \times 1 = 0$$

$$R_{AZ} = -644.098 \text{ Н}$$

Побудова епюр поперечних сил (рис. 2.10 г, ж)

1) У вертикальній площині УОХ (Z=0)

$$Q_I = -F_B = -2302 \text{ Н}$$

$$Q_{II} = -F_B + R_{AY} = 1448 \text{ Н} \quad (2.16)$$

$$Q_{III} = -F_B + R_{AY} + R_{BY} = -1463 \text{ Н}$$

2) В горизонтальній площині ZOХ (Y=0)

$$Q_I = F_\Gamma = 405.916 \text{ Н}$$

$$Q_{II} = F_\Gamma + R_{AZ} = -238.182 \text{ Н} \quad (2.17)$$

$$Q_{III} = F_\Gamma + R_{AZ} + R_{BZ} = 0 \text{ Н}$$

Визначення сумарних радіальних реакцій в опорах А і В:

$$F_{rA} = \sqrt{(R_{AY})^2 + (R_{AZ})^2} = 3805 \text{ Н} \quad (2.18)$$

$$F_{rB} = \sqrt{(R_{BY})^2 + (R_{BZ})^2} = 2921 \text{ Н}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

1843.00.000.ПЗ

Лист

10

$$M_{\text{пр}} = \sqrt{M^2 + 0,75 \times M_{\text{кр}}^2}$$

$$M_{\text{прI}} = \sqrt{M_{\text{I}}^2 + 0,75 \times M_{\text{кр}}^2} = 172.089 \text{ Н} \times \text{м}$$

$$M_{\text{прII}} = \sqrt{M_{\text{II}}^2 + 0,75 \times M_{\text{кр}}^2} = 46.971 \text{ Н} \times \text{м}$$

$$M_{\text{прIII}} = \sqrt{M_{\text{III}}^2 + 0,75 \times M_{\text{кр}}^2} = 45.488 \text{ Н} \times \text{м}$$
(2.26)

Результати розрахунку на міцність показані на рис.2.10.

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

1843.00.000.ПЗ

Лист

10

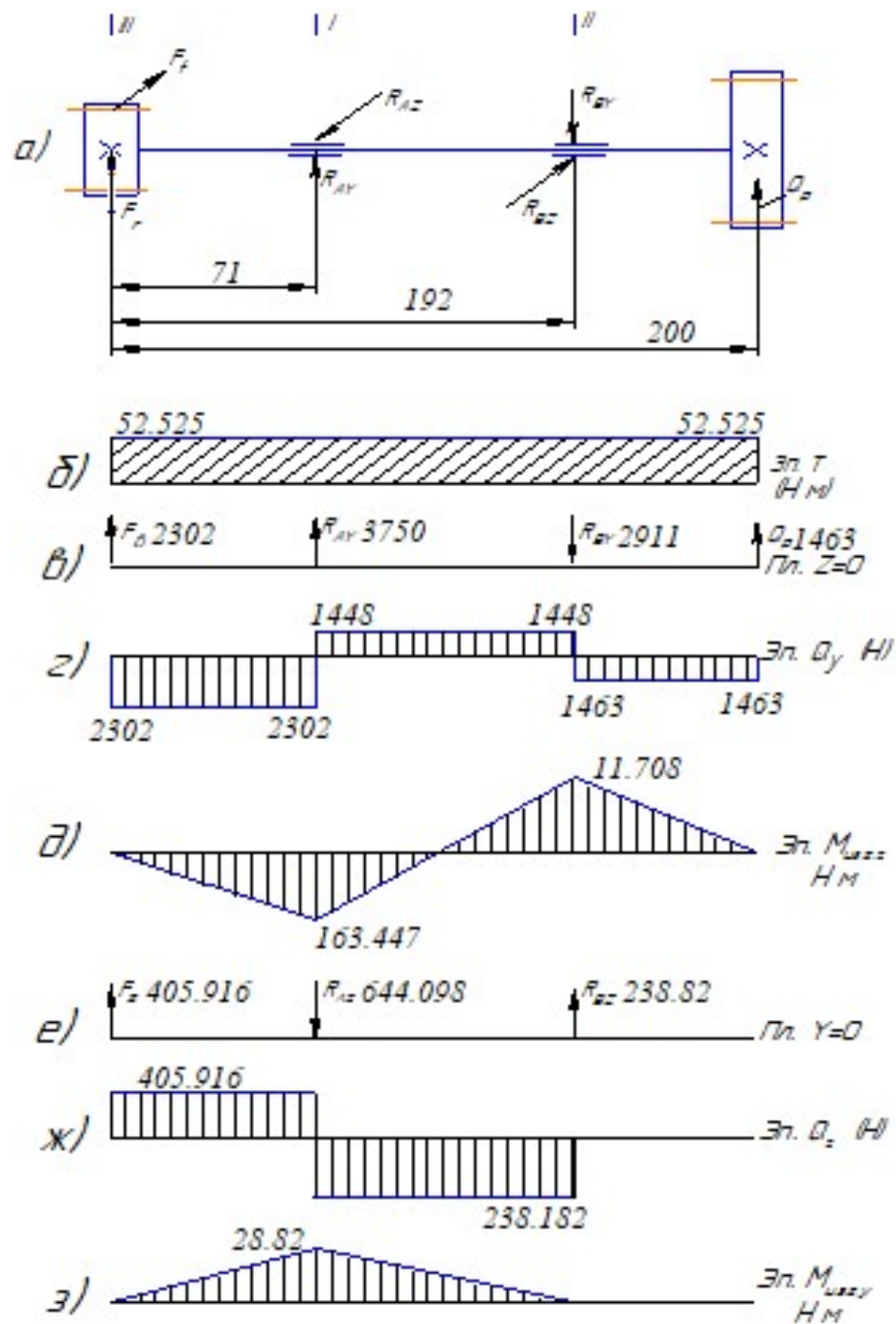


Рис. 2.10- Схема розрахунку валу I та епюри M и Q

2.4. Розрахунки на міцність двоопорного валу методом кінцевих елементів

Для дослідження деталі на міцність побудуємо тривимірну модель за розрахованими габаритами у програмі тривимірного моделювання Creo Parametric.(рис.2.11).

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

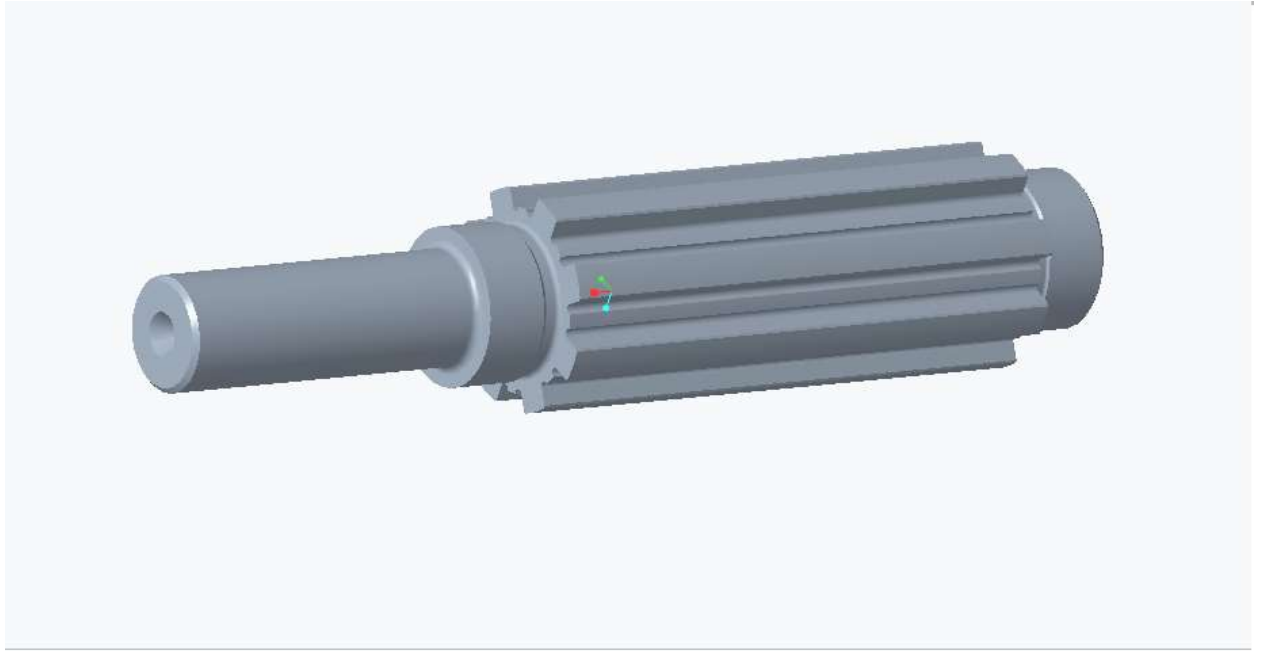
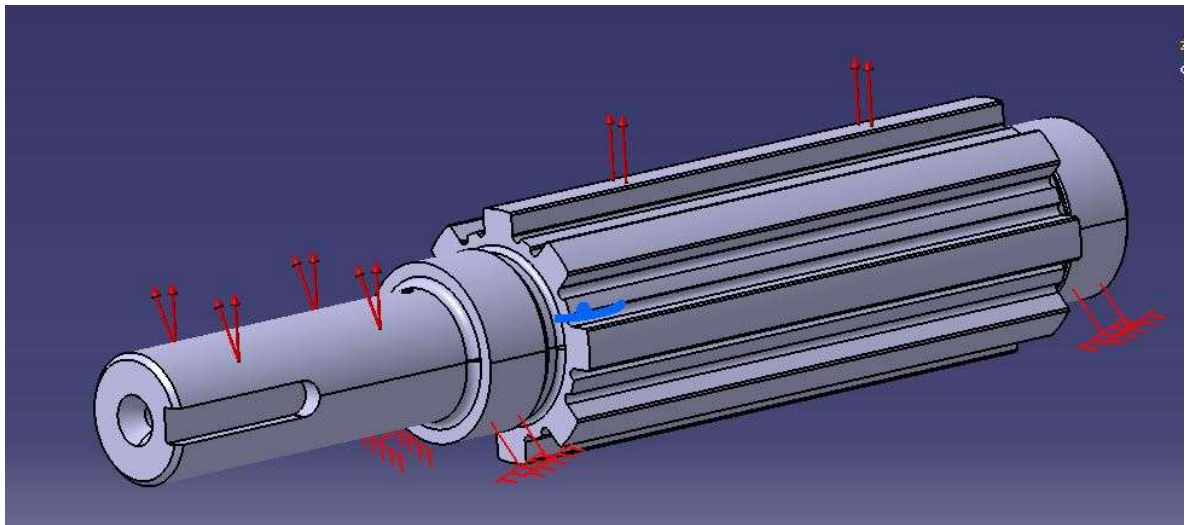


Рис.2.11- Тривимірна модель валу

Саме дослідження міцності рейки здійсимо в модулі поверхневого і твердотілого моделювання Ansys. Спочатку задаються закріплення та основні види навантажень, прикладені безпосередньо до елементів тривимірної моделі, а потім здійснюється розбиття моделі на кінцеві елементи

Рис.2.12- Закріплення та основні види навантажень



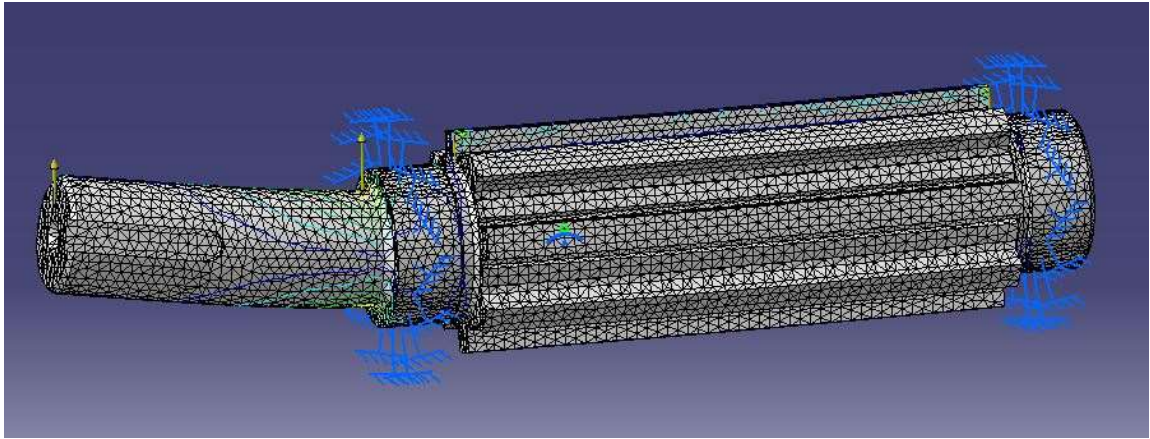


Рис.2.13- Розбиття моделі на кінцеві елементи

3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «ВАЛ»

Розробити технологічний процес механічної обробки деталі «Вал»:

- визначити тип виробництва;
- обрати тип заготовки, метод її отримання та розрахувати основні розміри заготовки з виконанням робочого креслення;
- розробити маршрутний технологічний процес обробки деталі;
- виконати розрахунок режимів різання аналітичним (один розмір) та табличним методом;
- виконати розрахунок точності операції (однієї за завданням керівника).

Вхідні дані для проектування:

- робоче креслення деталі (рис. 3.1).
- матеріал деталі - Сталь 40 ХН
- програма випуску деталей - $N = 6000$ штук/рік
- діаметр ступені валу $d_{\phi 1} = \phi 60h6$ мм, довжина валу $l_{\phi} = 270$ мм
- маса деталі $M_{\phi} = 4,79$ кг

					1843.00.000.ПЗ		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>	<i>Перев.</i>	<i>Реценз.</i>	<i>Н. Контр.</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	
Кі	ЛОГУНОВ О.М	КРОЛЬ О.С		1	1	25	
ТЕХНОЛОГІЧНА					<i>СНУ ім. В.Даля</i>		
ЧАСТИНА							

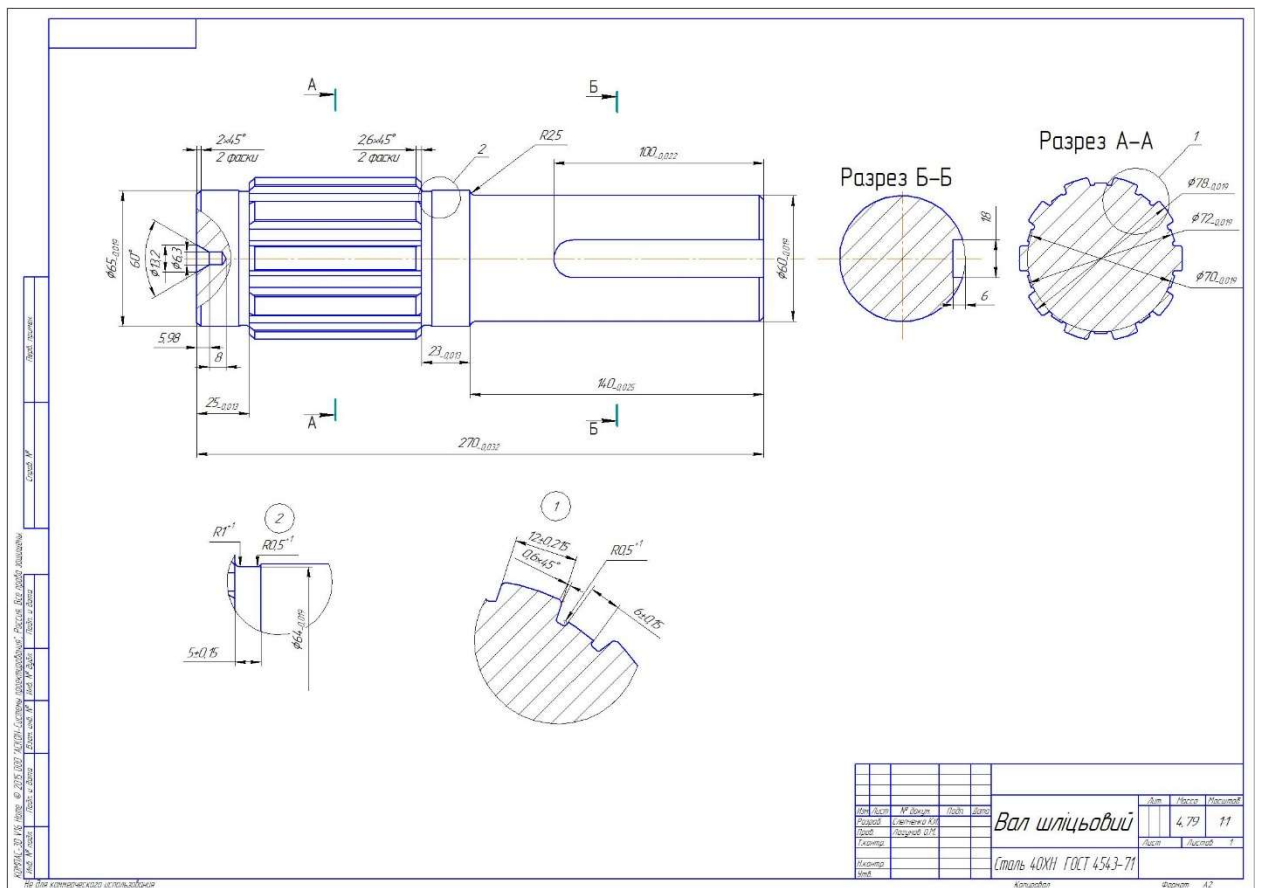


Рис.3.1- Робоче креслення деталі

Таблиця 3.1- Варіанти завдань для деталі «Вал»

Номер варіанту	d_{o1} , мм	d_{o2} , мм	l_o , мм	Матеріал	Маса деталі, M_o , кг	Програма випуску деталей на рік, N , штук/рік
3	$\phi 60h6$	$\phi 75$	270	Сталь 40ХН	4,79	6000

3.1. Опис службового призначення деталі, аналіз креслення і технічних умов на її виготовлення

C	P	Mn	S	Si	Ni	Cr	Cu
0,36-0,44%	0,035%	0,50-0,80%	0,035%	0,17-0,37%	1-1,4%	0,45-0,75%	0,30%

луж
бов
е
при
зна

чення деталі Вал – передача крутного моменту, базування і координації положення зубчастих коліс.

В якості заготовки використовуємо штамповку на кривошипному гаряче-штампувальному пресі (штамповка на КГШП). Деталь являє собою ступінчастий вал, на якому розташовані 1 відкритий шпонковий паз для встановлення призматичної шпонки (ГОСТ 23360-78), на одній зі ступіней нарізані шлиці з центруванням по внутрішньому діаметру за ГОСТом 8027-86. З обох торців валу нарізані центрові отвори за ГОСТом 14034-74.

При виготовленні деталі «Вал» необхідно витримати допуски циліндричності та паралельності поверхні $\varnothing 60h6(-0,019)$ мм у межах 0,005 мм. Допуск биття циліндричних поверхонь діаметрами $\varnothing 48h6(-0,016)$ та $\varnothing 52 h10(-0,12)$ мм, та допуск биття торцевої поверхні 0,04 відносно бази Г - осі деталі.

Згідно з технічних вимог, вал виготовляємо з вуглецевої сталі 40ХН ГОСТ 1050-74.

Даний матеріал використовується для деталей, що працюють при середніх окружних швидкостях, високих питомих тисках і невеликих ударних навантажень; для валів, що працюють в підшипниках кочення.

Вихідна твердість сталі НВ 167-207. Деталь піддається загартуванню з подальшим високим відпусканням. Група металу – М 2.

Механічні властивості і хімічний склад сталі 40ХН наведені в таблиці 3.2 і 3.3.

Табл.3.2- Хімічний склад сталі 40ХН (ГОСТ 4543-71)

Табл.3.3 - Фізико-механічні і технологічні властивості сталі 40ХН (ГОСТ 4543-71)

Фізико-механічні властивості						Технологічні властивості
Плотність ρ , г/см ³	Межа міцності при розтягуванні σ_b , МПа	Модуль пружності E , МПа	Після заковки			Температура кування, °С
			Межа міцності при розтягуванні σ_b , МПа	Ударна в'язкість a_n , кДж/м ²	НВ	
7,85	207	200000	615	690	187-229	830-1250

3.2. 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 $N = 6000$ штук і масі $M_d = 4.79$ кг тип виробництва визначаємо відповідно до рекомендацій.

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

$$n = \frac{N \times a}{\Phi} = \frac{6000 \times 6}{256} = 140 \quad (3.1)$$

За розміром партії n встановлюємо, що виробництво буде середнє серійне. Остаточнo тип виробництва буде уточнений після розрахунку норм часу.

3.3. Вибір виду заготовки і обґрунтування методу її отримання.

У умовах середньо серійного виробництва заготівля валу в проєктованому варіанті доцільно отримувати штампуванням на кривошипному гарячє штампувальнoму пресі (КГШП).

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

1843.00.000.ПЗ

Лист
Лист
10
10

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:

$$M_p = M_d \times K_p = 4.79 \times 1.4 = 6.706 \text{ кг} \quad (3.2)$$

де

M_p – розрахункова маса поковки

M_d – маса деталі

K_p – коефіцієнт, який залежить від характеристики деталі

Для даної роботи обираємо $K_p=1.4$

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

Діаметр фігури

$$D_f = D_d \times 1.05 = 78 \times 1.05 = 82 \text{ мм} \quad (3.3)$$

Довжина фігури:

$$L_f = L_d \times 1.05 = 270 \times 1.05 = 283.5 \text{ мм} \quad (3.4)$$

Визначаємо масу фігури, яка описує поковку:

$$M_f = \frac{3.14 \times D_f^2}{4} \times L_f \times \rho = \frac{3.14 \times 0.082^2}{4} \times 0.284 \times 7820 = 11.679 \text{ кг} \quad (3.5)$$

де ρ – щільність стали, що дорівнює $\rho = 7820 \text{ кг/м}^3$

Відношення розрахункової маси поковки до маси фігури:

$$C = \frac{M_p}{M_f} = \frac{6.706}{11.679} = 0.574 \text{ кг} \quad (3.6)$$

Тоді, згідно таблиці (3.4): ступінь складності – С2. Згідно таблиці (3.5)по групі сталі, класу точності і ступеню складності визначаємо вихідний індекс поковки- 11.

Таблиця ступені поковок	Ступінь складності	Значення відношення $\frac{M_p}{M_\phi}$	3.4- Визначення складності
	С 1	більше ніж 0,63	
С 2	від 0,32 до 0,63 включно		
С 3	від 0,16 до 0,32		
С 4	до 0,16		

Таблиця 3.5- Номограма визначення вихідного індексу поковки

Маса поковки, кг	Група сталі			Ступень складності поковки				Клас точності поковки					Вихідний індекс	
	M1	M2	M3	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5		
До 0,5 вклуч.														1
CB 0,5 до 1,0 "														2
" 1,0 " 1,8 "														3
" 1,8 " 3,2 "														4
" 3,2 " 5,6 "														5
" 5,6 " 10,0 "														6
" 10,0 " 20,0 "														7
" 20,0 " 50,0 "														8
" 50,0 " 125,0 "														9
" 125,0 " 250,0 "														10
														11
														12
														13
														14
														15
														16
														17
														18
														19
														20
														21
														22
														23

Для визначення вихідного індексу по табл. 3.5 у графі «Маса поковки» знаходять відповідну даній масі строку та, зміщуючись по горизонталі вправо або по похилим лініям вправо вниз до перетину з вертикальними лініями, які відповідають заданим значенням групи сталі М, ступені складності С, класу точності Т, встановлюють вихідний індекс (від 1 до 23).

Клас точності, група сталі, ступінь складності повинні бути вказані на кресленні поковки.

3.4. Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення операційних розмірів

3.4.1. 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:

$$\Delta_{\text{вкр}} = \Delta_{\epsilon} \cdot l = 0,7 \cdot 60 = 42 \text{ мкм} = 0,042 \text{ мм} \quad (3.7)$$

$\Delta_{\text{вкр}}$ – викривлення поверхні, що визначається за формулою,

де Δ_{ϵ} – питомий викривлення, тобто відхилення осі деталі від прямолінійності, мкм на 1 мм, що залежить від методу її отримання, є однаковим для всіх варіантів, $\Delta_{\epsilon} = 0,7 \frac{\text{мкм}}{\text{мм}}$;

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

ϵ_{i-1} – похибка базування. $\epsilon_{i-1} = 0$, оскільки обробка валу на всіх операціях ведеться в центрах.

Значення сумарного відхилення розташування циліндричних поверхонь (просторового відхилення) заготовки при обробці в центрах розраховується за формулою, мм:

$$\Delta_3 = \sqrt{\Delta_{\text{зм}}^2 + \Delta_{\text{ц}}^2 + \Delta_{\text{вкр}}^2} = \sqrt{0,5^2 + 0,95^2 + 0,042^2} = 1,074 \text{ мм} \quad (3.8)$$

де $\Delta_{\text{зм}}$ – зміщення одних ділянок поверхні відносно інших, у випадку заготовки поковки – зміщення осей поковок при штампуванні в різних половинах штампа, $\Delta_{\text{зм}} = 0,5$ мм – дійсне для всіх варіантів;

$\Delta_{\text{ц}}$ – похибка центрування, при деталі в центрах знаходиться за формулою:

$$\Delta_{\text{ц}} = \sqrt{\left(\frac{\delta_3}{2}\right)^2 + 0,25^2} = \sqrt{\left(\frac{1900}{2}\right)^2 + 0,25^2} = 0,95 \text{ мм} \quad (3.9)$$

де δ_3 – допуск заготовки, мм;

Значення допусків для кожного переходу приймаємо відповідно до квалітетів того чи іншого виду обробки, таблиця 3.6.

Вид обробки	Квалітет точності	Допуск δ , мкм
Заготовка	16	1900
Чорнове точіння	12	300
Чистове точіння	9	74
Шліфування	6	19
Фрезерно-центрувальна операція		500

Таблиця 3.6- Значення допусків

Величина залишкового викривлення після переходу, що здійснюється, визначається за формулою:

$$\Delta_{\text{зал}} = K_y \cdot \Delta_z \quad (3.10)$$

де K_y – коефіцієнт уточнення, значення приведені в таблиці 3.7;

Δ_z – сумарне відхилення розташування поверхонь заготовки.

Таблиця 3.7- Значення коефіцієнта уточнення

Заготовка	Технологічний перехід	Коефіцієнт уточнення, K_y
Гарячекатаний прокат, штампування, відливка	Після обточування: чорнового та однократного	0,06
	чистового	0,04
	Після шліфування	0,02

Після чорнкової обробки:

$$\Delta_1 = K_y \cdot \Delta_3 = 0,06 \cdot 1,074 = 0,064 \text{ мм} = 64 \text{ мкм} \quad (3.11)$$

Після чистової обробки:

$$\Delta_2 = K_y \cdot \Delta_3 = 0,04 \cdot 1,074 = 0,043 \text{ мм} = 43 \text{ мкм} \quad (3.12)$$

Після шліфування:

$$\Delta_3 = K_y \cdot \Delta_3 = 0,02 \cdot 1,074 = 0,021 \text{ мм} = 21 \text{ мкм} \quad (3.13)$$

Розрахуємо мінімальні припуски на всі операції технологічного процесу знаючи $R_{z_{i-1}}$ – висоту мікронерівностей, отриманих на попередній операції, h_{i-1} – глибину дефектного шару, отриманого на попередній операції, величини залишкових викривлень після переходів за формулою:

$$2 \cdot z_{\min} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (3.14)$$

Значення R_z і h для операцій технологічного процесу :

– для заготовки: $R_z = 150 \text{ мкм}$, $h = 250 \text{ мкм}$;

– для чорнового точіння: $R_z = 50 \text{ мкм}$, $h = 50 \text{ мкм}$;

– для чистового точіння: $R_z = 30 \text{ мкм}$, $h = 30 \text{ мкм}$;

– для шліфування: $R_z = 5 \text{ мкм}$, $h = 15 \text{ мкм}$.

Під чорнове точіння:

$$2 \cdot z_{\min} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) = 2 \cdot (150 + 250 + 1074) = 2 \cdot 1474 \text{ мкм} \quad (3.15)$$

Під чистове точіння:

$$2 \cdot z_{\min} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) = 2 \cdot (50 + 50 + 64) = 2 \cdot 164 \text{ мкм} \quad (3.16)$$

--	--	--	--	--

Під шліфування:

$$2 \cdot z_{\min} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) = 2(30 + 30 + 43) = 2 \cdot 103 \text{ мкм} \quad (3.17)$$

Розрахункові формули для визначення діаметральних розмірів. Граничний діаметральний розмір d_{\min} визначається для кожного переходу за формулою:

$$d_{\min i-1} = d_{\min i} + 2 \cdot z_{\min i}. \quad (3.18)$$

Граничний діаметральний розмір d_{\max} обчислюється додаванням допуску до найменшого граничного розміру

$$d_{\max i} = d_{\min i} + \delta_i. \quad (3.19)$$

Призначаємо максимальний діаметр після шліфування рівним 65 мм.

Тоді мінімальний діаметр після шліфування розраховуємо по формулі:

$$d_{\min \text{ шліф}} = 65 - 0.019 = 64.981 \text{ мм} \quad (3.20)$$

Мінімальний діаметр після чистового точіння буде рівний:

$$d_{\min \text{ чист}} = d_{\min \text{ шліф}} + 2Z_{i \text{ шліф}} = 64.981 + 2 \times 0.103 = 65.187 \text{ мм} \quad (3.21)$$

Максимальний діаметр після чистового точіння буде рівний:

$$d_{\max \text{ чист}} = d_{\min \text{ чист}} + \delta_{\text{чист}} = 65.187 + 0.074 = 65,261 \text{ мм} \quad (3.22)$$

Для чорнового точіння:

$$d_{\min \text{ чорн}} = d_{\min \text{ чист}} + 2Z_{i \text{ чист}} = 65,187 + 2 \times 0.1645 = 65.515 \text{ мм} \quad (3.23)$$

$$d_{\max \text{ чорн}} = d_{\min \text{ чорн}} + \delta_{\text{чорн}} = 65.515 + 0.3 = 65.815 \text{ мм} \quad (3.24)$$

Для заготовки:

$$d_{\min \text{ загот}} = d_{\min \text{ чорн}} + 2Z_{i \text{ чорн}} = 65.515 + 2 \times 1.474 = 68.463 \text{ мм} \quad (3.25)$$

$$d_{\max \text{ загот}} = d_{\min \text{ загот}} + \delta_{\text{загот}} = 68.463 + 1.9 = 70.363 \text{ мм} \quad (3.26)$$

Граничні значення припусків z_{\max}^{np} визначаються як різниці найбільших граничних розмірів і z_{\min}^{np} – як різниці найменших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів:

– максимальний припуск

$$2 \cdot z_{\max}^{np} = d_{\max i} - d_{\max i-1}; \quad (3.27)$$

$$z_{\max}^{np} = l_{\max i} - l_{\max i-1}; \quad (3.28)$$

– мінімальний припуск

$$2 \cdot z_{\min}^{np} = d_{\min i-1} - d_{\min i}; \quad (3.29)$$

$$z_{\min}^{np} = l_{\min i-1} - l_{\min i}. \quad (3.30)$$

Тоді для шліфування:

$$2 \cdot z_{\max}^{np} = d_{\max \text{ чист}} - d_{\max \text{ шліф}} = 65.261 - 65 = 0,261 \text{ мм} = 261 \text{ мкм}; \quad (3.31)$$

$$2 \cdot z_{\min}^{np} = d_{\min \text{ чист}} - d_{\min \text{ шліф}} = 65.187 - 64.981 = 0,206 \text{ мм} = 206 \text{ мкм}; \quad (3.32)$$

Для чистового точіння:

$$2 \cdot z_{\max}^{np} = d_{\max \text{ чорн}} - d_{\max \text{ чист}} = 65,815 - 65,261 = 0,554 \text{ мм} = 554 \text{ мкм}; \quad (3.33)$$

$$2 \cdot z_{\min}^{np} = d_{\min \text{ чорн}} - d_{\min \text{ чист}} = 65.515 - 65.187 = 0,328 \text{ мм} = 328 \text{ мкм}; \quad (3.34)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Для чорнового точіння:

$$2 \cdot z_{\max}^{\text{пр}} = d_{\max \text{ загот}} - d_{\max \text{ чорн}} = 70.363 - 68.815 = 4,548 \text{ мм} = 4548 \text{ мкм} \quad (3.35)$$

$$2 \cdot z_{\min}^{\text{пр}} = d_{\min \text{ загот}} - d_{\min \text{ чорн}} = 68,463 - 65,515 = 2,948 \text{ мм} = 2948 \text{ мкм} \quad (3.36)$$

Визначаємо загальні припуски:

$$2 \cdot z_{o \max} = 4548 + 554 + 261 = 5363 \text{ мкм} \quad (3.37)$$

$$2 \cdot z_{o \min} = 2948 + 328 + 206 = 3482 \text{ мкм} \quad (3.38)$$

Загальний номінальний припуск визначаємо за формулою:

$$z_{o \text{ ном}} = z_{o \min} + EI_3 - \delta_d = 3483 + 800 - 19 = 4264 \text{ мкм} = 4.264 \text{ мм} \quad (3.39)$$

де EI_3 – нижні відхилення діаметра заготовки;

δ_o – допуск на деталь.

Номінальний діаметр заготовки визначаємо за формулою:

$$z_{\max \text{ шліф}}^{\text{пр}} - z_{\min \text{ шліф}}^{\text{пр}} = 261 - 206 = 55 \text{ мкм}; \delta_{\text{чист}} - \delta_{\text{шліф}} = 74 - 19 = 55 \text{ мкм} \quad (3.40)$$

$$z_{\max \text{ чист}}^{\text{пр}} - z_{\min \text{ чист}}^{\text{пр}} = 554 - 328 = 226 \text{ мкм}; \delta_{\text{чорн}} - \delta_{\text{чист}} = 300 - 74 = 226 \text{ мкм} \quad (3.41)$$

$$z_{\max \text{ чорн}}^{\text{пр}} - z_{\min \text{ чорн}}^{\text{пр}} = 4548 - 2948 = 1600 \text{ мкм}; \quad (3.42)$$

$$\delta_{\text{загот}} - \delta_{\text{чорн}} = 1900 - 300 = 1600 \text{ мкм}$$

Отже, розрахунки припусків виконані правильно.

Розраховані дані вводимо в таблицю 3.8.

Таблиця 3.8- Розрахунок припусків та граничних розмірів за операціями на обробку поверхні $\varnothing 65h6(-0,019)$ мм

найменування операції	Елементи припуску			Припуск $2Z_i$, мкм	Розрахунковий розмір d , мм	допуск, мкм	Граничні розміри		Граничні припуски	
	R_i	h_i	Δ_i				d_{\min} , мм	d_{\max} , мм		
Заготовка	150	250	1074	—	68,463	1900	68,463	70,363	—	—
Точіння чорнове	50	50	64	2948	65,515	300	65,515	65,815	2948	4548
Точіння чистове	30	30	42	328	65,187	74	65,187	65,261	328	554
Шліфування	5	15	21	206	64,981	19	64,981	65	206	261
Разом									3482	5363

3.4.2 Розрахунок припусків на лінійний розмір

Розрахуємо припуски на обробку поверхні 270мм.

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

Випишуємо значення R_z і T для всіх операцій:

– для заготовки: $R_z = 150$ мкм, $T = 250$ мкм;

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

Розраховуємо просторове відхилення:

– для заготовки:

$$\Delta_3 = \Delta_{\text{випр}} = \Delta_6 \cdot L = 0,7 \cdot 270 = 189 \text{ мкм} \quad (3.43)$$

Розрахуємо залишкове просторове відхилення після фрезерування торців:

$$\Delta_{\text{зал}} = K_y \cdot \Delta_3 = 0,12 \cdot 189 = 22,68 \text{ мкм} \quad (3.44)$$

Розрахуємо припуски на фрезерування торців:

$$z_{\min} = R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \Delta_{i-1} + \varepsilon_i = 150 + 250 + 189 + 0 = 589 \text{ мкм} \quad (3.45)$$

Розрахункові формули для визначення лінійних розмірів. Гра

Граничний лінійний розмір l_{\min} визначається для кожного переходу за формулою

$$l_{\min i-1} = l_{\min i} + z_{\min i}. \quad (3.46)$$

Граничний лінійний розмір l_{\max} обчислюється додаванням допуску до найменшого граничного розміру

$$l_{\max i} = l_{\min i} + \delta_i. \quad (3.47)$$

Для подальших розрахунків складаємо таблицю 3.9.

Таблиця 3.9- Розрахунок припусків та граничних розмірів за операціями на обробку поверхні 270_{-1,15}

найменування операції	Елементи припуску			Припуск	l, мм	допуск, мкм	Граничні розміри		Граничні припуски	
	Ri	hi	Δi	2Zi мкм			l _{min} , мм	l _{max} , мм		
Заготовка	150	250	189	—	271,1695	2000	271,1695	273,1695	—	—
Фрезерно-центрувальна	5	15	19,5	390	270,0195	1150	270,0195	270	1150	3169,5

4. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ

4.1 Вибір матеріалу, геометричних параметрів ріжучої частини та розмірів токарних різців

4.1.1 Вибір матеріалу ріжучої частини різця

На вибір матеріалу різців впливають умови роботи та вид обробки, а також матеріал, що оброблюється.

Ріжуча частина виготовлюється з металокерамічних, мінералокерамічних твердих сплавів, рідше зі швидкоріжучої сталі. Пластини з твердих сплавів з'єднують з елементами кріплення за допомогою пайки та спеціальних високотемпературних клеїв, багатогранні твердосплавні пластини закріплюють прихватами, гвинтами та ін.

Обираємо матеріал пластинки із твердого сплаву: для чорнового точіння – Т5К10, для чистового-Т15К6.

Таблиця 4.1- Типові марки твердих сплавів

Характер обробтки	Марка сплава при обробтке			
	стали		чугуна	
	углеродистой и легированной	закаленной	HB240	HB 400-700
Черновое точение по корке и окалине при неравномерном сечении среза и прерывистом резании с ударами	T5K11 T5K12B BK8 BK83		BK8 BK8B BK4	BK8 BK8B
Черновое точение по корке при неравномерном сечении среза и непрерывном резании	T14K8 T5K10		BK4 BK8 BK6	BK6M BK4
Получистовое и чистовое точение при прерывистом резании	T15K6 T14B8 T5K10 BCK-60 BCK-63, B3	T5K10 BK4 BK8 TНМ-20, B3	BK4 BK6 BK8	BK6M
Точное точение при прерывистом резании	T30K4 T15K6	T14K8 T5K10 BK4	BK3 BK3 BK4	BK6M BK3
Точное точение при непрерывном резании	T30K4	T30K4 T15K6 BK6M, BK3M	BK3 BK3M	BK6M BK3M BK3
Отрезка и прорезка канавок	T15K6, T14K8 T5K10	BK6M BK4	BK3 BK3M	BK6M BK3M

1843.00.000.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Розроблє	Кр КІ		
Перев	Логунов О.М		
Реценз.	Кроль О.С		
Н. Контр.			

РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ

Лит.	Лист	Листов
	1	25
СНУ ім. В.Даля		

ВИСНОВКИ

В даній роботі приведений розрахунок виготовлення валу приводу верстату електроерозійної обробки деталей.

Наведено проектно – конструкторський розрахунок.

Був проведений розрахунок валу на міцність, у тому числі й методом кінечних елементів.

Визначено основні геометричні характеристики вузла технологічного обладнання.

Розраховано ширину шківу та підібрано підшипники, наведено креслення деталі «Вал».

Розроблено технологічний процес механічної обробки деталі «Вал» та визначено тип виробництва.

Було обрано тип заготовки, метод її отримання та розраховано основні розміри заготовки з виконанням робочого креслення.

Розроблений технологічний маршрутний процес обробки деталі.

Виконано розрахунок режимів різання аналітичним та табличним методом, розрахунок точності операції.

Обрано матеріал деталі.

Виконано робоче креслення деталі.

					1843.00.000.ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ВИСНОВКИ	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Перев.</i>		Логунов О.М					1	1
<i>Реценз.</i>		Кроль О.С				СНУ ім. В.Даля		
<i>Н. Контр.</i>								

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т1
Дальской А.М. и др. Москва: Машиностроение-1, 2001. 912 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т2
Дальской А.М. и др. Москва: Машиностроение-1, 2001. 944 с.
3. Горбачев А.Ф. Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск: Высшэйш. шк., 1983. 256 с.
4. Расчет экономической эффективности новой техники: справочник / К.М. Великанова и др. Ленинград: Машиностроение, 1990. 512 с.
5. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога – машиностроителя. Москва: Издат. Стандартов, 1992. 462 с.
6. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. Ленинград: Машиностроение, 1975. 652 с.
7. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. Москва: Машиностроение, 1971. 384 с.
8. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Москва: Машиностроение, 1974. 207 с.
9. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места, на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Массовое производство. Москва: Машиностроение, 1974. 136 с.
10. Руденко П.А., Харламов Ю.А., Плескач В.М. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. Киев: Вища школа, 1991. 361 с.
11. Технология машиностроения / Егоров М.Е. и др. Москва: Высшая школа, 1976. 534 с.
12. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. Москва: Машиностроение, 1974. 136 с.
13. Технология машиностроения (специальная часть) / А.А. Гусев и др. Москва: Машиностроение, 1986. 480 с.
14. Егоров М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов. Москва: Высшая школа, 1969.

	480 с.				1843.00.000.ПЗ						
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>							
<i>Розроб.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Лит.</i>						
<i>Перев.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Лист</i>						
<i>Реценз.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Листов</i>						
<i>Н. Контр.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Листов</i>						
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><i>СНУ ім. В.Даля</i></td> </tr> </table>		1	3	<i>СНУ ім. В.Даля</i>		
	1	3									
<i>СНУ ім. В.Даля</i>											

