

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Навчально-науковий інститут механічної інженерії, технологій та транспорту
Факультет Механіко-технологічний
Кафедра Технології машинобудування та деревообробки

Допущено до захисту
Завідувач кафедри
Єрошенко А.М. _____
(прізвище, ім'я, по батькові)
" 20 " 06 _____ 2024р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Розробка технологічного процесу складання вакуум-насосу та маршруту механічної обробки корпусу
(назва роботи)

Спеціальність 131 – Прикладна механіка
освітня-професійна програма «Технології машинобудування»
(шифр і назва спеціальності, освітньої програми)
(галузь знань)

Виконавець:
студент гр. ТМ-201
Петрикей С.О.
(прізвище, ім'я, по батькові.) (підпис)

Керівник:
К.т.н., доцент _____
(посада) (науковий ступінь, вчене звання)
Єрошенко Андрій Михайлович
(прізвище, ім'я, по батькові,) (підпис)

Я, Петрикей Сергій Олексійович, підтверджую, що дана робота є моєю власною письмовою роботою, оформленою з дотриманням цінностей та принципів етики і академічної доброчесності відповідно до Кодексу академічної доброчесності Національного університету «Чернігівська політехніка». Я не використовував/ла жодних джерел, крім процитованих, на які надано посилання в роботі.

Дата

Підпис

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «Чернігівська політехніка»

Інститут Навчально-науковий інститут механічної інженерії, технологій та транспорту

Кафедра _____ Технології машинобудування та деревообробки _____

Освітній ступінь _____ бакалавр _____

Спеціальність 131 – Прикладна механіка

освітня-професійна програма «Технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

Єрошенко А.М. _____

“ 01 ” ____ 10 ____ 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

_____ Петрикей Сергій Олексійович _____

*(прізвище, ім'я, по батькові)*1. Тема роботи Розробка технологічного процесу складання вакуум-насосу та маршруту механічної обробки корпусу _____

керівник роботи _____ к.т.н. , доцент, Єрошенко Андрій Михайлович _____,

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “22” 03 2024 року № 201-с/вс

2. Строк подання ЗВО роботи _____ 20.06.2024 _____

3. Вихідні дані до роботи _____ матеріали переддипломної практики _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____ Згідно методичних вказівок _____

6. Дата видачі завдання _____ 2024 _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів КР	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Ознайомлення із вихідними даними	03.02.2024	
2	Перший розділ	20.02.2024	
3	Другий розділ	01.03.2024	
4	Третій розділ	15.03.2024	
5	Четвертий розділ	04.04.2024	
6	П'ятий розділ	17.04.2024	
7	Шостий розділ	20.04.2024	
8	Технічна документація	25.04.2024	
9	Оформлення графічної частини	01.05.2024	
10	Оформлення записки	15.05.2024	
11	Підготовка до захисту	25.05.2024	

Здобувач вищої освіти

_____ Петрикей С.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Єрошенко А.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Навчально-науковий інститут механічної інженерії, технологій та транспорту

(повне найменування інституту)

Технологій машинобудування та деревообробки

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до випускної кваліфікаційної роботи

бакалавр

(освітній ступінь)

на тему: Розробка технологічного процесу складання вакуум-насосу та маршруту механічної обробки корпусу

Виконав:

здобувач вищої освіти 4 курсу, групи ТМ-201

спеціальності 131-Прикладна механіка

(код і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Виконавець Петрикей С.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Єрошенко А.М.

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедрою ТМД Єрошенко А.М.

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
		1	КР ТМ 201.002.000	Завдання		
A4		2	КР ТМ 201.002.001	Відомість	1	
A4		3	КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Пояснювальна записка	1	
A2		4	КР ТМ 201.002.003 СК	Вакуум-насос	1	
A2		5	КР ТМ 201.002.004	Корпус	1	
A1		6	КР ТМ 201.002.005	Функціональний аналіз	1	
A1		7	КР ТМ 201.002.006	САЕ-аналіз	1	
A1		8	КР ТМ 201.002.007	Розмірний аналіз	2	
A1		9	КР ТМ 201.002.008	Схема складання	1	
A2		10	КР ТМ 201.002.009	Виливок	1	
A1		11	КР ТМ 201.002.010	Обґрунтування вибору технологічних баз	1	
A1		12	КР ТМ 201.002.011	Операційні ескізи	2	
A4		13	КР ТМ 201.002.012	Технологічна документація	1	

					КР ТМ 201.002.001					
зм.	Аркш	№ докум.	Підп.	Дата	Відомість					
Розроб.		Петрикей С.О.						Літ.	Аркш	Аркшів
Перев.		Ерошенко А.М.							3	1
Н.контр.		Ігнатенко О.А.						НУЧП		
Затв.		Ерошенко А.М.								

Анотація

Петрикей Сергій Олексійович. Розробка технологічного процесу складання вакуум-насосу та маршруту механічної обробки корпусу. Кваліфікаційна робота бакалавра. Чернігів: НУЧП, 2024 – 84 с., 43 ілюстрацій, 10 таблиць. Графічна частина: 9 аркушів формату А1, 2 аркуші формату А2.

На основі завдання в першому розділі було визначено над систему куди входить вакуум-насос, визначено функціональні призначення, визначено тип виробництва та проведено технологічних аналіз вакуум-насосу та корпусу вакуум-насосу.

На основі функціонального призначення вакуум-насосу було проведено САЕ-аналіз корпусу та визначено слабкі місця деталі.

В третьому розділі виявлено норми точності вакуум-насосу та корпусу, проведено розмірний аналіз вакуум-насосу.

В четвертому розділі розроблено технологічний процес складання вакуум-насосу.

В п'ятому розділі спроектовано вилівок корпусу вакуум-насосу та розроблено технологічний маршрут механічної обробки корпусу. Підібрано верстат та відповідний інструмент.

В шостому розділі наведено опис обладнання, яке задіяне при складанні вакуум-насосу та механічній обробці корпусу вакуум-насосу.

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Анотація	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	Петрикей С.О.						4	2
<i>Перевір.</i>	Єрошенко А.М.							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>	Ігнатенко О.А.							
<i>Затв.</i>	Єрошенко А.М.					НУЧП		

Annotation

Petrykei Serhii?. Development of the technological process of assembling the vacuum pump and the route of mechanical processing of the housing. Bachelor's qualifying work. Chernihiv: IRChNUT, 2024 – 84 pp., 43 illustrations, 10 tables. Graphic part: 9 sheets of A1 format, 2 sheets of A2 format.

On the basis of the task in the first section, the system where the vacuum pump is included was determined, the functional purpose was determined, the type of production was determined, and the technological analysis of the vacuum pump and the vacuum pump housing was carried out.

Based on the functional purpose of the vacuum pump, the CAE-analysis of the housing was carried out and the weak points of the part were determined.

In the third section, the standards of accuracy of the vacuum pump and the housing are revealed, and the dimensional analysis of the vacuum pump is carried out.

The technological process of assembling a vacuum pump is developed in the fourth chapter.

In the fifth chapter, the casting of the vacuum pump housing is designed and the technological route of mechanical processing of the housing is developed. The machine and the appropriate tool are selected.

The sixth chapter provides a description of the equipment involved in assembling the vacuum pump and machining the vacuum pump housing.

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

Зміст

1. Загальний розділ	8
1.1 Функціональне призначення вакуум-насоса та корпуса	8
1.1.1 Опис конструкції та роботи високовакуумної системи зварювальної установки	8
1.1.2 Функціональне призначення високовакуумної системи зварювальної установки	10
1.1.3 Опис конструкції та роботи вакуум-насоса	11
1.1.4 Функціональне призначення вакуум-насоса	14
1.1.5 Функціональне призначення корпуса	15
1.1.6 Функції поверхонь деталі	16
1.2 Тип виробництва і його організаційна форма	17
1.3 Аналіз технологічності конструкції	18
1.3.1 Технологічний аналіз вакуум-насоса	18
1.3.2 Технологічний аналіз кресленика корпуса вакуум-насоса	19
2. САЕ-аналіз вакуум-насоса	22
2.1 Силовий аналіз вакуум-насоса	22
2.2 Оптимізація конструкції корпуса вакуум-насосу	25
3. Розмірний аналіз конструкції	26
3.1 Визначення параметрів якості та норм точності вакуум-насоса	26
3.2 Вплив недотримання норм точності на функції вакуум-насоса	29
3.3 Виявлення складальних розмірних ланцюгів	32
3.4 Розрахунок складальних розмірних ланцюгів	39
4. Технологічний процес складання вузла	46
4.1 Розробка технологічної схеми складання	46
4.2 Розробка структури технологічного процесу складання	46

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ			
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст	Лім.	Арк.	Аркуші
Розроб.		Петрикей С.О.						
Перевір.		Єрошенко А.М.					6	2
Реценз.						<i>НУЧП</i>		
Н. Контр.		Ігнатенко О.А.						
Затв.		Єрошенко А.М.						

4.3 Нормування технологічного процесу складання	50
4.4 Визначення організаційних показників	53
5. Технологічний процес механічної обробки деталі	54
5.1 Вибір і проектування вихідної заготовки	54
5.2 Розробка технологічного маршруту механічної обробки деталі	56
5.2.1 Виявлення основних розмірних зв'язків поверхонь деталі	56
5.2.2 Аналіз норм точності корпусу	56
5.2.3 Основні технологічні задачі	59
5.2.4 Вибір методів і кількості переходів обробки поверхонь	60
5.2.5 Вибір технологічних баз	61
5.2.6 Вибір послідовності обробки поверхонь	68
5.2.7 Розробка структури маршруту обробки	68
6. Технологічне оснащення процесів	76
6.1 Технологічне оснащення операцій механічної обробки корпусу	76
6.2 Технологічне оснащення для складання	79
Висновки	82
Перелік посилань	83

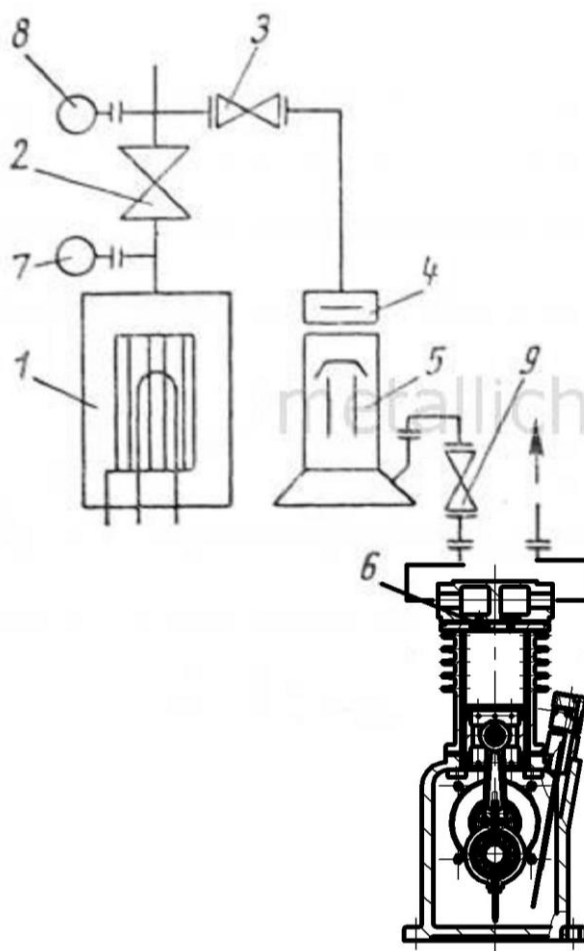
					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		7

1. Загальний розділ

1.1 Функціональне призначення вакуум-насоса та корпуса

1.1.1 Опис конструкції та роботи високовакуумної системи зварювальної установки

Заданий вакуум-насос є частиною високовакуумної системи зварювальної установки (рисунок 1.1), яка використовується під час дифузійного зварювання, а саме, використовується для створення попереднього розрідження в зварювальній камері.



1 – вакуумна зварювальна камера, 2 – вентиль, 3 – вентиль, 4 – азотна пастка, 5 – пароструйний дифузійний насос, 6 – вакуум-насос, 7 – манометричний датчик, 8 – манометричний датчик, 9 – вентиль

Рисунок 1.1 – Високовакуумна система зварювальної установки

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Загальний розділ		
Розроб.		Петрикей С.О.					
Перевір.		Єрошенко А.М.					
Реценз.							
Н. Контр.		Ігнатенко О.А.					
Затв.		Єрошенко А.М.			Лит.	Арк.	Аркушів
						8	1
						НУЧП	

Така установка забезпечує можливість зварювання чорних та кольорових металів та сплавів в тому числі і тугоплавких (титан та ніші) різної товщини, та захищає зварний шов від забруднення. Високовакуумні системи відкачують повітря із зони обробки до тиску не більше 10^{-5} Па. Такий тиск в зоні обробки забезпечує захист розплавленого металу від газів повітря, що підвищує якість зварного шву та його міцність.

Установка складається із вакуумної зварювальної камери 1 (рисунок 1.1) та високовакуумної системи. Високовакуумна система складається із заданого вакуум-насосу 6 (рисунок 1.1), пароструйного дифузійного насосу 5, азотної пастки 4, електророзрядного насосу (на рисунку 1.1 не показано), манометричних датчиків 7 та 8, вентилів та трубопроводів.

В якості зверхвакуумного насосу використовується електророзрядний насос (на рисунку 1.1 не показано, знаходиться зверху після вентиля 2), який виконує відкачку із камери 1 (рисунок 1.1) через вентиль 2 до тиску не більше 10^{-5} Па. Для попереднього знегажування зверхвакуумного насосу та вакуумної системи, а також для створення попереднього розрідження в камері 1 використовується пароструйний дифузійний насос 5 з газовою паскою 4. Відкачка повітря із камери до тиску 1,33 Па виконується вакуум-насосом 6 через холодний пароструйний дифузійний насос 5. Випускний патрубок насосу 5 з'єднано з вакуум-насосом 6 через вентиль 9. Вимірювання тиску в системі виконується манометричними датчиками 7 та 8 [1].

Привід вакуум-насосу представляє собою електродвигун, який передає рух обертання на вал вакуум-насосу за допомогою клиноремінної передачі (на рисунку 1.1 не показано).

Технічні характеристики установки [2]:

Величини залишкового тиску в зварювальній камері, не більше - 10^{-5} Па.

Максимальний тиск розрідження (вакуум), який створюється установкою, не більше - 1,33 Па.

Час необхідний на створення розрідження – 5 хв.

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

1.1.2 Функціональне призначення високовакуумної система зварювальної установки

Основна функція:

Ф₀₁ – створення та підтримання вакууму в зварювальній камері 1 (рисунок 1.1).

Допоміжні функції:

Ф_{д1} – забезпечення величини залишкового тиску в зварювальній камері не більше 10^{-5} Па.

Ф_{д2} – забезпечення створення попереднього розрідження (вакууму) із тиском не більше 1,33 Па.

Ф_{д3} – запобігання проникнення парів робочих рідин насосів до вакуумної зварювальної камери

Ф_{д4} – контроль величини тиску попереднього вакууму та залишкового тиску в системі

Ф_{д5} – забезпечення охолодження повітря, яке викачується із зварювальної камери

Ф_{д6} – забезпечення герметичності системи

Ф_{д7} – забезпечення довговічності роботи системи

Ф_{д8} – забезпечення надійності роботи системи

Ф_{д9} – забезпечення вимог ергономічності та безпеки роботи системи

Створення попереднього розрідження виконується за допомогою двох насосів: вакуум-насосу 6 (рисунок 1.1) та пароструйного дифузійного насосу 5, при цьому розрідження із тиском, яке утворюється в системі не повинно перевищувати 1,33 Па. Створення розрідження (вакууму) необхідного для виконання зварювальних робіт виконується за допомогою електророзрядного насосу, при цьому величина залишкового тиску в системі не повинен перевищувати 10^{-5} Па [2].

Запобігання проникненню парів, які б негативно вплинули на процес зварювання, від робочих рідин пароструйного дифузійного насосу 5 та

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		10

вакуум насосу 6 забезпечується використанням азотної пастки 4 (рисунок 1.1).

Оскільки під час дифузійне зварювання відбувається при високих температурах, то під час зварювання виділяється велика кількість газів та різко підвищується тиск, тому високо вакуумна система працює постійно, тому режим роботи – постійний, середовище агресивне. Температура цеху, в якому використовується високо вакуумна система – 20..30°C.

Високовакуумна система повинна витримувати високі температури, які виникають в процесі дифузійного зварювання металів. Температури нагріву в вакуумній камері складає на 0,5-0,7°C нижче від температури плавлення металу, який зварюється (діапазон температур в зоні зварювання складає 600-1200°C).

Систему перевіряти – кожні 5000 год.

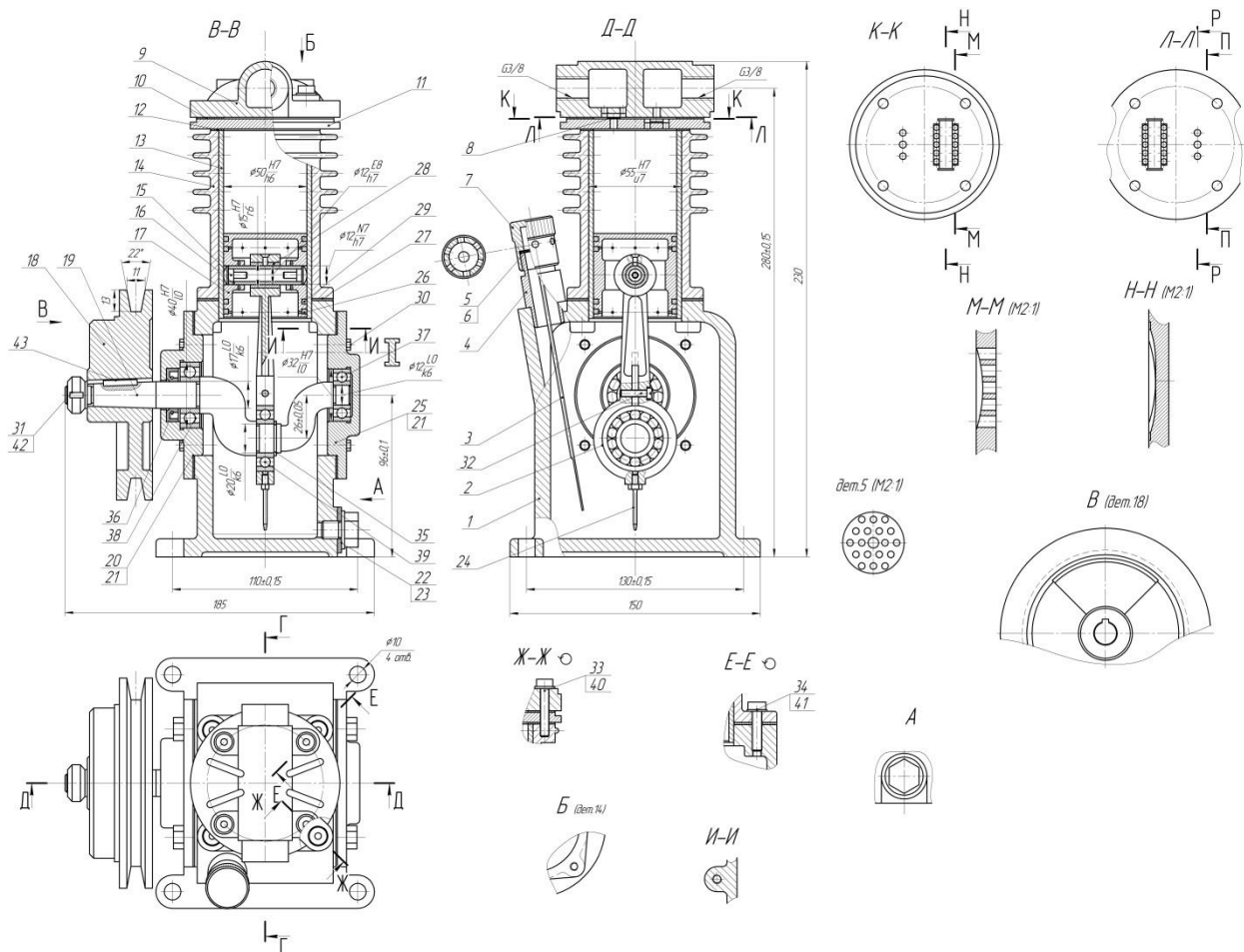
1.1.3 Опис конструкції та роботи вакуум-насосу

Вакуум-насос (рисунок 1.2) призначений для створення попереднього розрідження в вакуумній зварній камері. Даний насос відноситься до поршневого, одинарної дії. Поршень 17 виконує зворотно-поступальний рух в гільзі 13, яка запресована в циліндр 14. На поршень вдягнуто чотири поршневі кільця 26 та 29, два з яких – маслоземні 29.



Рисунок 1.2 – 3D модель вакуум-насосу

В клапанній коробці 11 розташовано всмоктуючий клапан 8. Нагнітальний клапан розташований в головці 9 циліндра. Коробка 11 та головка 9 кріпляться до циліндра чотирма гвинтами 32. Головка циліндра має всмоктуючий та нагнітальний патрубки.



1 – корпус, 2 – шатун, 3 – щуп, 4 – штуцер, 5 – сітка, 6 – фільтр, 7 – кришка, 8 – клапан, 9 – голівка, 10 – прокладка, 11 – коробка клапанна, 12 – прокладка, 13 – гільза, 14 – циліндр, 15 – заглушка, 16 – палець поршневий, 17 – поршень, 18 – шків, 19 – колінчастий вал, 20 кришка ліва, 21 – прокладка, 22 – пробка, 23 – прокладка, 24 – розбризкував, 25 – кришка права, 26 – кільце поршневе, 27 – прокладка, 28 – втулка, 29 – кільце поршневе, 30 – болт, 31 – гайка, 32 – гвинт, 33 – гвинт, 34 – гвинт, 35 – кільце, 36 – манжета, 37 – підшипник кільковий, 38 – підшипник кульковий, 39 – підшипник кульковий, 40 – шайба, 41- шайба, 42 – шайба, 43 – шпонка

Рисунок 1.3 –Вакуум-насос

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.
-----	------	----------	--------	------

КР ТМ 201.002.002 ПЗ

Арк.

12

При русі поршня 17 вниз в циліндрі 14 створюється розрідження. Всмоктуючий клапан відкриває отвір в голівці 9 циліндра, та повітря із системи поступає в робочу камеру. Нагнітаючий клапан під дією атмосферного тиску закриває отвір в клапанній коробці, тим самим ізолюючи робочу камеру від атмосфери. При русі поршні в верх повітря стискається. Під дією стиснутого повітря всмоктуючий клапан перекриває отвори, які ведуть до системи, а нагнітальний клапан піднімається та повітря виштовхується в резервуар. Нагнітальний та всмоктуючий клапани виконані у вигляді тонких шліфованих пластин розміром 0,3x10x35 мм.

Зворотньо-поступальний рух поршень 17 отримує від колінчастого валу 19 через шатун 2. Верхня голівка шатуна з'єднана з поршнем пальцем 16, в торцеві отвори якого запресовані заглушки 15. Нижня голівка шатуна 2 сидить на колінчастому валу 19 на кульковому підшипнику 40 та стопориться (від повздовжнього зміщення) кільцем 41. В нижній голівці шатуна закріплено на різьбі розбризував мастила 24.

Кулькові підшипники 40 та 39, які є опорами колінчастого валу, встановлені в кришках 20 та 25. Колінчастий вал отримує обертання від мотора через клиноремінний шків 18, який закріплено на кінці валу шпонкою 38. Шків 18 виконано з противовагою для балансування валу.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики вакуум-насосу

Термозахист, °C	130
Продуктивність, л/хв	2,8
ККД	0,9
Робочий цикл, хв.	30
Крутний момент на входному валу, о Н·м	172
Ресурс роботи, год	5000
Вага, кг	1,3

Для змащування рухомих деталей вакуум-насоса в корпус заливають мастило. В корпус 1 запресований штуцер 4. Кришка 7 закріплює в штуцері щуп 3 для перевірки рівня мастила та фільтр 6 із сітками 5 для очищення масла. Отвори в кришці 7 необхідні для з'єднання непрацюючої зони вакуум-

насоса з атмосферою. Мастило спускається через отвір в нижній частині корпусу, який закривається пробкою 22. В основі корпусу вакуум-насоса є чотири отвори для кріплення до станини машини.

1.1.4 Функціональне призначення вакуум-насосу

Ф₀₁ – створення попереднього розрідження в вакуумній зварюваній камері разом із пароструйним дифузійним насосом 5.

Розрідження вакуум-насосом створюється за рахунок переміщення поршня 17 (рисунок 1.3) та почергового перекритті клапанів всмоктування та нагнітання. Тобто при переміщення поршня вниз газ із системи всмоктується (відкритий клапан всмоктуючий, а нагнітаючий закритий), а при переміщення поршня вгору – газ витісняється в резервуар (відкритий нагнітаючий клапан, всмоктуючий – закритий).

Допоміжні функції:

Ф_{д1} – забезпечення підтримання тиску не більше 1,33 Па.

Ф_{д2} – забезпечення продуктивності в межах 2,8 л/хв.

Ф_{д3} – забезпечення ККД вакуум-насосу, не менше 0,9

Ф_{д4} – забезпечення герметичності системи

Ф_{д5} – забезпечення охолодження повітря, що відкачується

Ф_{д6} – забезпечення надійності та довговічності вакуум-насосу

Ф_{д7} – забезпечення вимог безпеки експлуатації вакуум-насосу

Продуктивність вакуум-насосу забезпечується за рахунок швидкості переміщення поршня 17 (рисунок 1.3). Частота обертання колінчастого валу - 500 хв^{-1} , крутний момент – 172 Н·м.

Робоче середовище агресивне, режим роботи - повторно-короткочасний. Робочий цикл – не більше 30хв, оскільки достатньо високі робочі температури. Експлуатація вакуум-насосу в закритих приміщеннях із природнім охолодженням.

Охолодження повітря, який відсмоктується із зварювальної камери відбувається за рахунок конструкції вакуум-насосу, а саме за рахунок ребер жорсткості наявних на циліндрі 14 (рисунок 1.3). Вакуум-насос повинен витримувати робочу температуру повітря до 140°C.

Змащування вакуум-насосу (підшипників кочення) відбувається синтетичним компресорним мастилом Anderol 555 (робоча температура масла -33°C до 250°C).

Внутрішні поверхні корпусу покрити маслостійкою фарбою – КО-813.

1.1.5 Функціональне призначення корпусу

Задана деталь – корпус (рисунок 1.4). Корпус виготовлено із сірого чавуну СЧ20 ГОСТ 1412-85. В складальній одиниці корпус є базовою деталлю.

Ф₀₁ – забезпечення сталої точності відносного розташування колінчастого валу в зборі та інших деталей у статичному та динамічному стані.

Допоміжні функції:

Ф_{д1} – забезпечення герметичного замкнутого простору

Ф_{д2} – забезпечення плавності роботи вакуум-насосу

Ф_{д3} – забезпечення гасіння вібрацій

Ф_{д4} – забезпечення контролю рівня мастила в вакуум-насосі

Ф_{д5} – забезпечення орієнтування та закріплення вакуум-насосу в системі

Ф_{д6} – забезпечення показників надійності протягом заданого періоду експлуатації

Корпус виготовлено із сплаву СЧ20 ГОСТ 1412-85.

Режим роботи - повторно-короткочасний. Робочий цикл – не більше 30хв. Експлуатація вакуум-насосу в закритих приміщеннях із природнім охолодженням.

Внутрішні поверхні корпусу покрити маслостікою емаллю КО-813.

При виготовленні корпусу необхідно забезпечити концентричність двох отворів під кришки, за допомогою яких визначається правильне положення колінчастого валу.

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		15

На зовнішніх поверхнях корпусу не допускається гострих кромки. На робочих поверхнях корпусу не допускається задирок, сколів та інших поверхневих дефектів.

Термін експлуатації корпусу – 5 000 год.

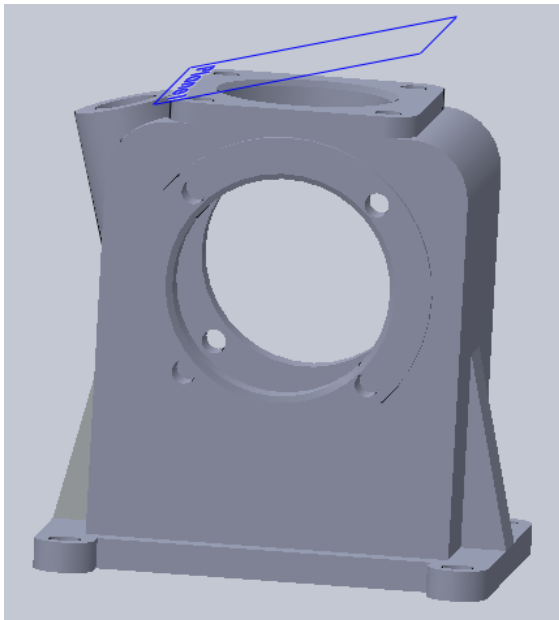


Рисунок 1.4 – 3D модель корпусу вакуум-насосу

1.1.6 Функції поверхонь деталі

На рисунку 1.5 позначені поверхні корпусу. Функції, які виконує корпус наведені в наступному пункті.

Основні бази – 4, 13, 15 – визначають положення корпусу в складальній одиниці.

Виконавчі поверхні - 12,8,1 – визначають положення колінчастого валу в зборі (Φ_{01}) та плавності роботи вакуум-насосу (Φ_{D2}).

Виконавчі поверхні - 6 – визначає положення маслоказівника (Φ_{D4}).

Допоміжна база – 2 – визначає положення прокладки

Допоміжна база – 1 – визначає положення гільзи 13

Допоміжна база – 3 – визначає положення болтів 30

Допоміжна база – 5,6 - визначають положення штуцера 5

Допоміжна база – 7 – визначає положення прокладки

Допоміжна база – 8 – визначають положення кришки правої

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дат.

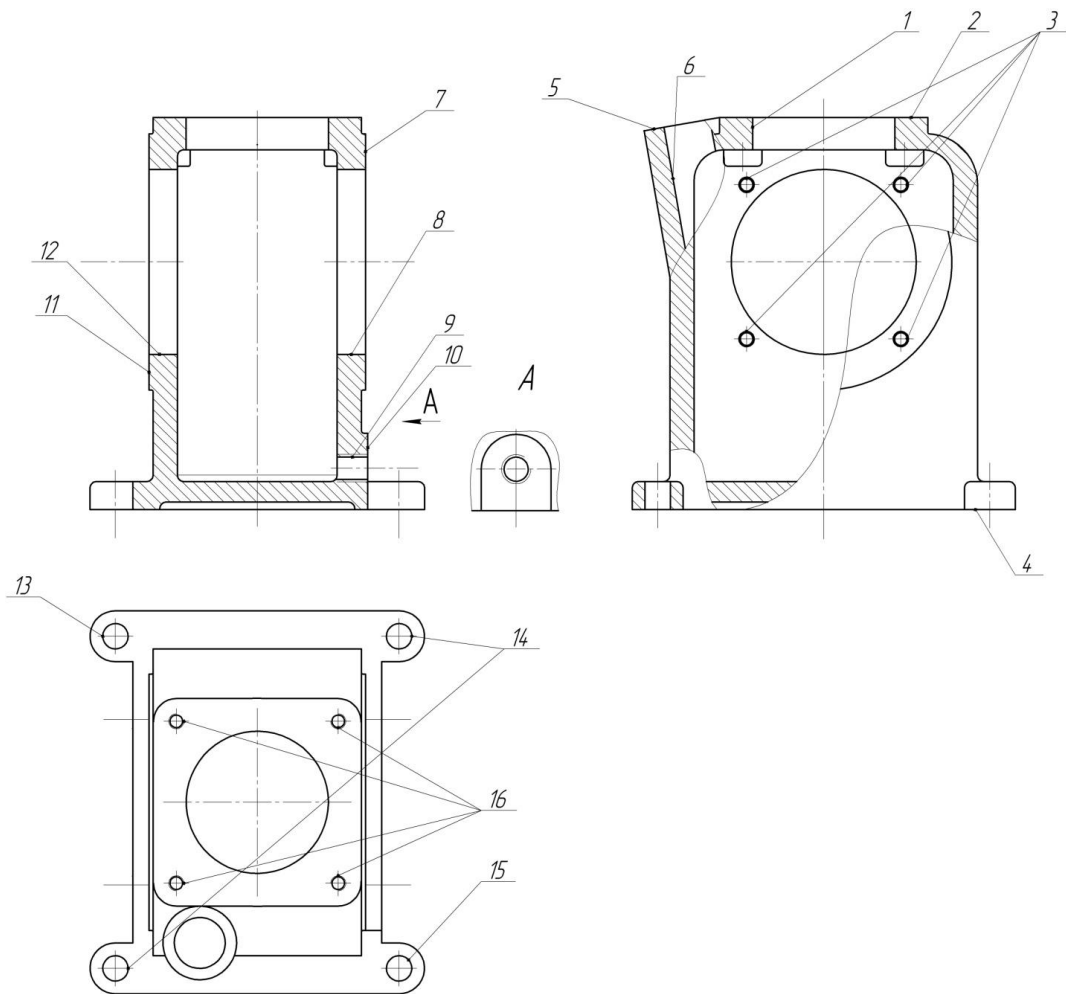


Рисунок 1.5 – Поверхні корпусу

Допоміжна база – 9 – визначає положення пробки

Допоміжна база – 10 – визначає положення прокладки

Допоміжна база – 11 – визначає положення прокладки

Допоміжна база – 12 – визначає положення кришки лівої

Допоміжна база – 14 – визначає положення болтів

Допоміжна база – 16 – визначає положення гвинтів

Всі інші поверхні відносяться до вільних поверхонь.

1.2 Тип виробництва і його організаційна форма

Початкові дані:

Річна програма випуску вакуум-насосів – 100 шт/рік

Коефіцієнт закріплення операцій відповідно до ДСТУ 2960-92 – $K_{zo}=20$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КР ТМ 201.002.002 ПЗ

Арк.

17

Відповідно до початкових даних тип виробництва приймаємо дрібносерійне, а отже необхідно визначити місячну програму випуску вакуум-насосів за формулою:

$$N_M = \frac{N_p}{24}, \quad (1.4)$$

де N_p — річна програма випуску вакуум-насосів, шт;

24 — добуток кількості місяців (12) на кількість робочих змін на добу (2);

$$N_M = \frac{100}{24} = 4,16 \text{ шт}$$

Далі проводимо розрахунок величини партії виробів за формулою:

$$n_p = \frac{P_H \cdot N_M}{22}, \quad (1.5)$$

де P_H — нормативне значення періодичності повторення партії виробів, днів., $P_H=22$ днів

$$n_p = \frac{22 \cdot 4,16}{22} = 4,16$$

Отримане значення округлюємо $n_p=5$ шт.

Складання виконується на одному робочому місці, тобто складання стаціонарне не потокове.

1.3 Аналіз технологічності конструкції

1.3.1 Технологічний аналіз вакуум-насосу

Технологічні показники

1. Складання вакуум-насосу відбувається без припасування
2. Раціональні приєднувальні зв'язки
3. Використовуються стандартизовані вироби (підшипники, болтові з'єднання тощо), що при необхідності можна буде їх замінити, тобто рівень стандартизації достатній.

4. Деталі простої конструкції, тому при зношуванні деталей або при появі інших дефектів, виготовити нові та замінити їх не буде проблемою, отже рівень взаємозамінності достатній.
5. Відсутня механічна обробка під час складання
6. Зручні складальні технологічні бази
7. Відсутність необхідності розбирати вакуум-насос при регулюванні.

Нетехнологічні показники

1. Достатньо велика кількість деталей, однак деталі простої конструкції та виготовлені із доступних матеріалів, тому вносити зміни до конструкції вакуум-насосу не будемо

Конструкція вакуум-насосу достатньо технологічна.

1.3.2 Технологічний аналіз кресленника корпусу

Тип деталі: Корпус

Технологічна:

1. Наявні зручні бази для закріплення деталі на верстатах на всіх операціях. Є можливість зменшити кількість операцій, за рахунок використання сучасного обладнання.
2. Відсутня термічна обробка
3. Ускладненого доступу до оброблюваних та вимірювальних поверхонь немає.
4. Можлива одночасна обробка торців та отворів під кришки.
5. Деталь достатньо жорстка
6. Концентраторів напруги немає
7. Задана точність розмірів корпусу, величини шорсткості та точність взаємного розташування поверхонь дає можливість проводити обробку на верстатах нормальної точності.
8. Специфічних вимог немає.
9. Розміри оброблюваних поверхонь достатньо мінімальні (з врахуванням виїмки на основній установчій базі корпусу, що зменшує розмір оброблюваної поверхні, а отже і скорочується об'єм механічних

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		20

робіт, отвори під кришки не глибокі.

10. Інструмент підводиться та відводиться із зони обробки вільно.
11. Оброблювальні поверхні розташовані паралельно та перпендикулярно відносно установчої бази корпусу.
12. Отвори під кришки, під гільзу та всі кріпильні отвори наскрізні.
13. Відсутні торці, які необхідно підрізувати з внутрішніх боків.
14. Ступінчасті отвори відсутні.
15. Інструмент для обробки отворів використовується нормальної довжини
16. Відсутні отвори із складною формою твірної та відсутні отвори із різцю великого діаметра.

Нетехнологічна:

1. Наявна площина під кутом та отвір під кутом, який розташований перпендикулярно до цієї площини. Дані поверхні необхідні для встановлення масла вказівника, відмовитися від них немає можливості, але для спрощення механічної обробки корпусу, будемо використовувати верстат оснащений ЧПУ із поворотним шпинделем або планетарним столом, що дозволить провести обробку даних поверхонь за один установ (разом із обробкою поверхонь під циліндр із гільзою).

Отже, з вище наведеного видно, що корпус технологічний.

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		21

2. САЕ-аналіз вакуум-насосу

2.1 Силовий аналіз вакуум-насосу

Силовий аналіз будемо проводити для деталі корпус. Корпус під час роботи сприймає крутний момент (172 Н·м), який передається від колінчастого валу та діє її власна вага G.

Розрахунок величини власної ваги деталі:

$$G=m \cdot 9.8 \quad (2.1)$$

де m – маса деталі m=4,648 кг (дані взяті із програми SolidWorks 3Д моделі).

$$G=9,8 \cdot 4,648=45,55 \text{ Н.}$$

Розрахунки проводяться за допомогою програми SolidWorks Simulation. Корпус кріпиться за допомогою кріпильних отворів, тому сили закріплення прикладаємо до чотирьох отворів. Крутний момент прикладаємо до двох отворів під колінчастий вал (рисунок 2.1).

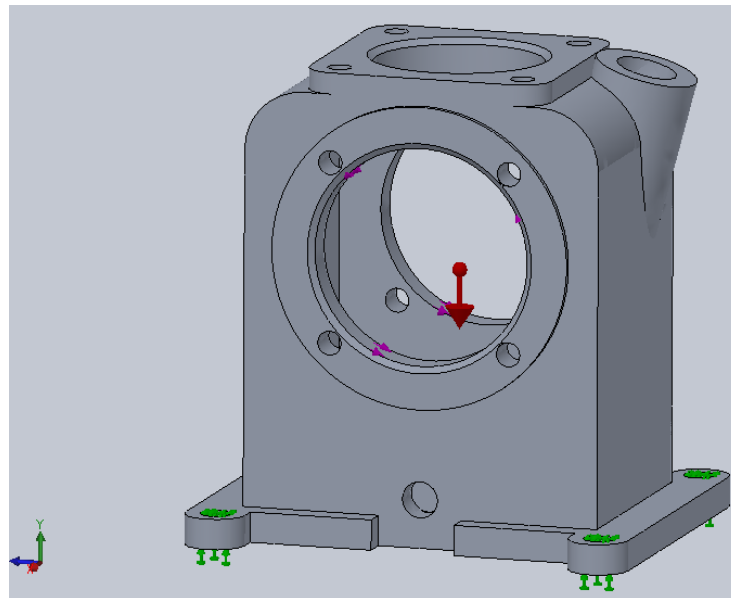


Рисунок 2.1 – Закріплення корпусу вакуум-насосу та місця прикладання крутного моменту

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Петрикей С.О.			САЕ-аналіз вакуум-насосу	Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Єрошенко А.М.					22	2
Реценз.						НУЧП		
Н. Контр.		Ігнатенко О.А.						
Затв.		Єрошенко А.М.						

Після проведення розрахунків за допомогою епюр визначено найбільш навантажене місце в корпусі, а саме кріпильні отвори корпуса (рисунок 2.2).

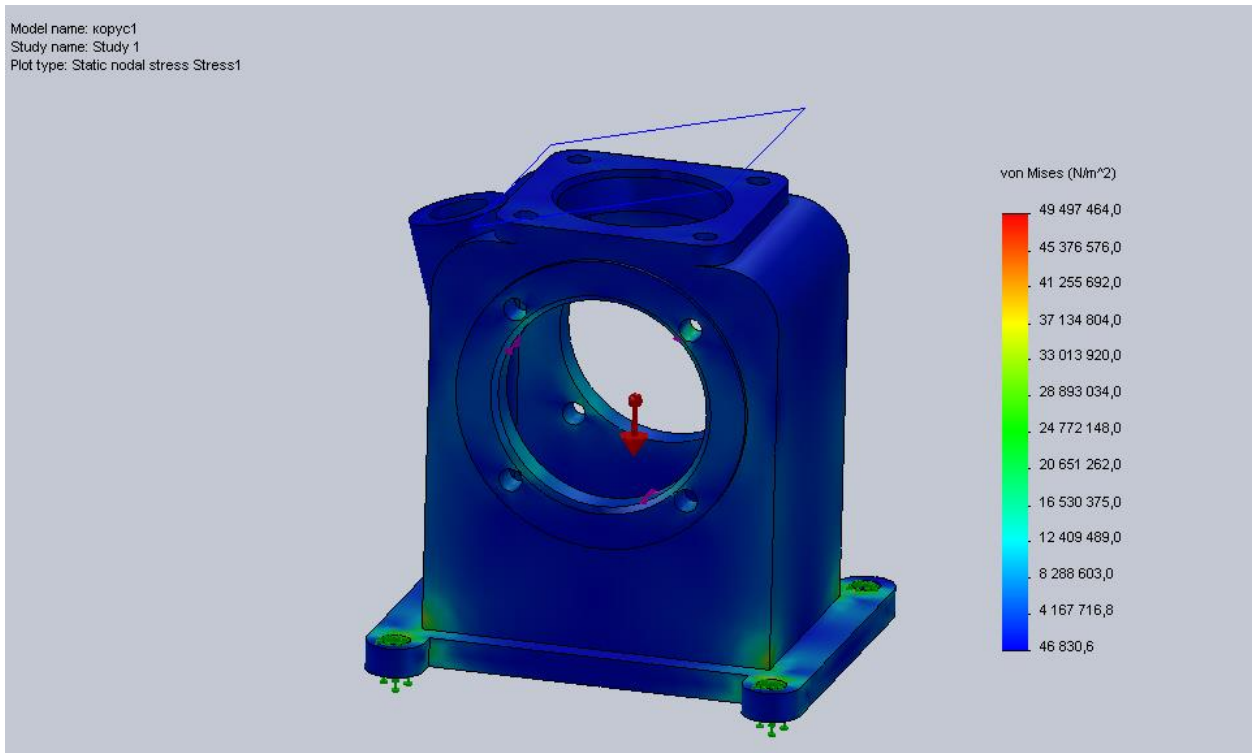


Рисунок 2.2 – Напруження, які виникають в корпусі вакуум-насоса

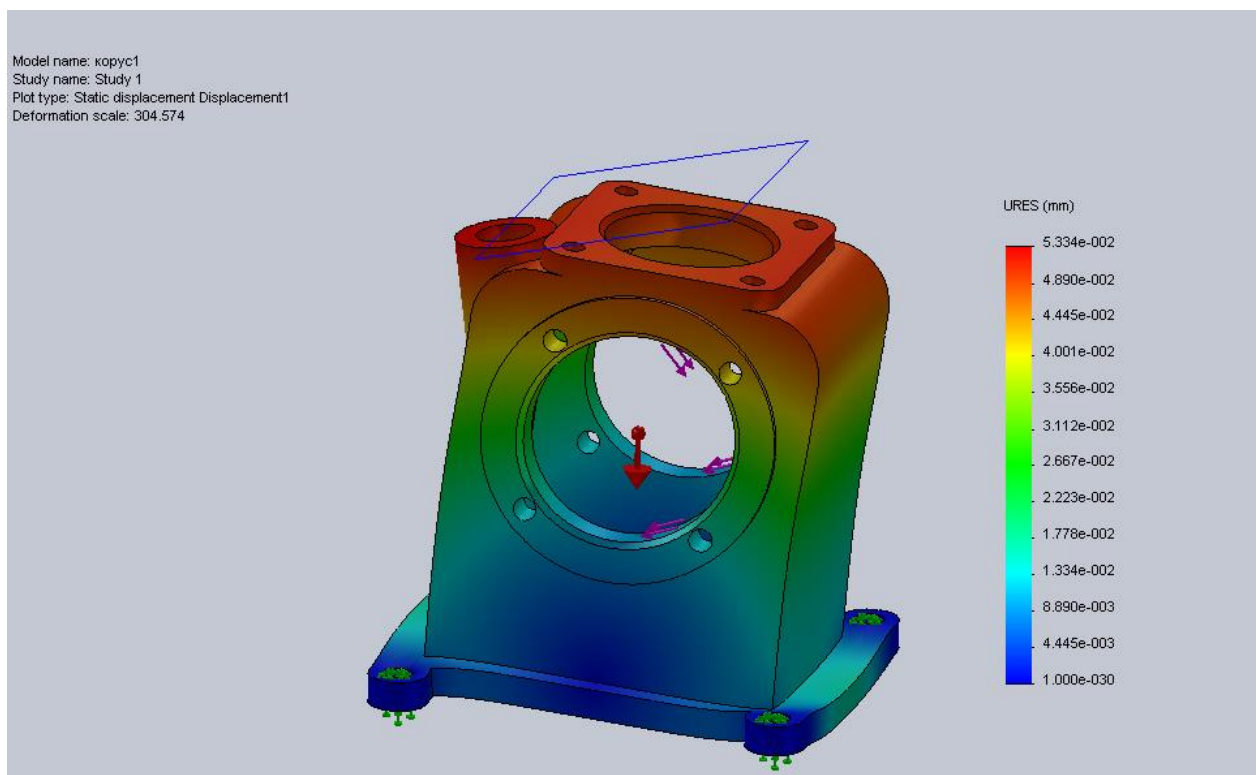


Рисунок 2.3 – Переміщення, які виникають в корпусі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

Model name: корпус1
 Study name: Study 1
 Plot type: Static strain Strain1
 Deformation scale: 304.574

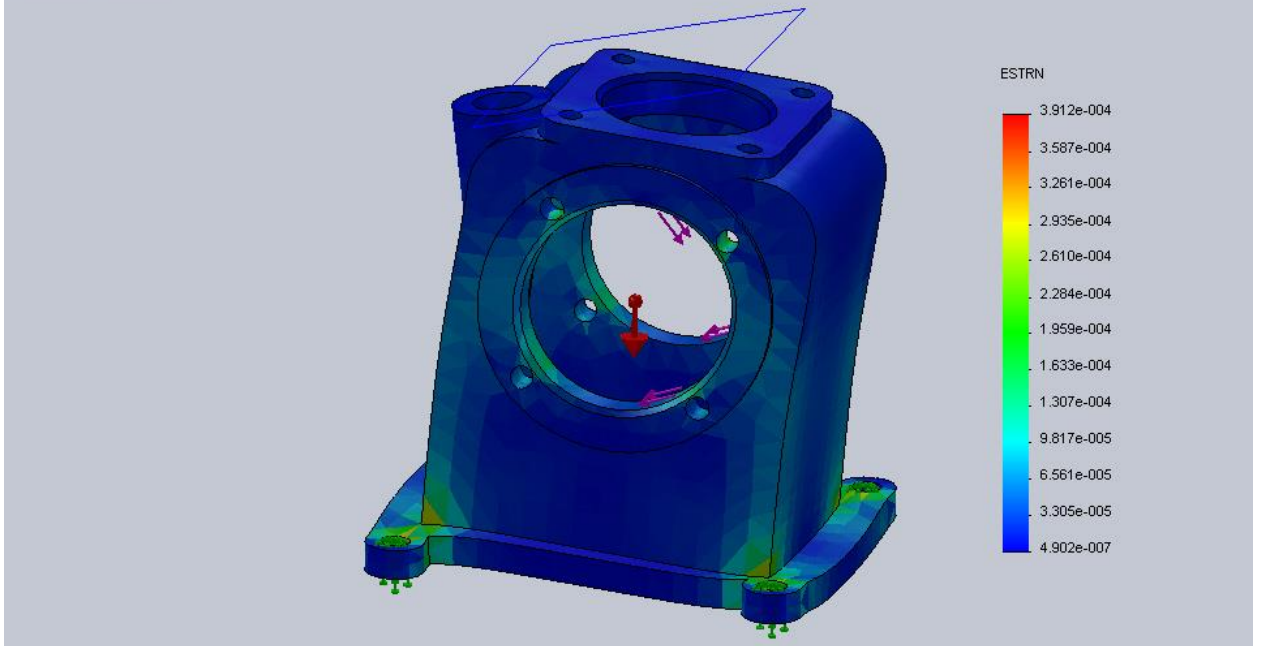


Рисунок 2.4 – Деформації, які виникають в корпусі

Проводимо додаткові розрахунки змінюючи величину крутного моменту для величин 86 Н·м, 172 Н·м, 258 Н·м, 344 Н·м, 430 Н·м.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунків

Вид епюри	Величина крутного моменту, Н·м				
	86	172	258	344	430
Напруження, Н/м ²	24,82·10 ⁶	49,49·10 ⁶	74,17·10 ⁶	98,84·10 ⁶	123,52·10 ⁶
Переміщення в небез. перерізі, мм	0	0	0	0	0
Переміщення, мм	0,026	0,05	0,08	0,11	0,13
Деформації	0,0002	0,0004	0,0006	0,0008	0,001

За отриманими результатами будемо графіки залежностей величини напруження від величини крутного моменту (рисунок 2.5), величини переміщення (в точці найбільшого переміщення) від величини крутного моменту та деформацій від величини крутного моменту.

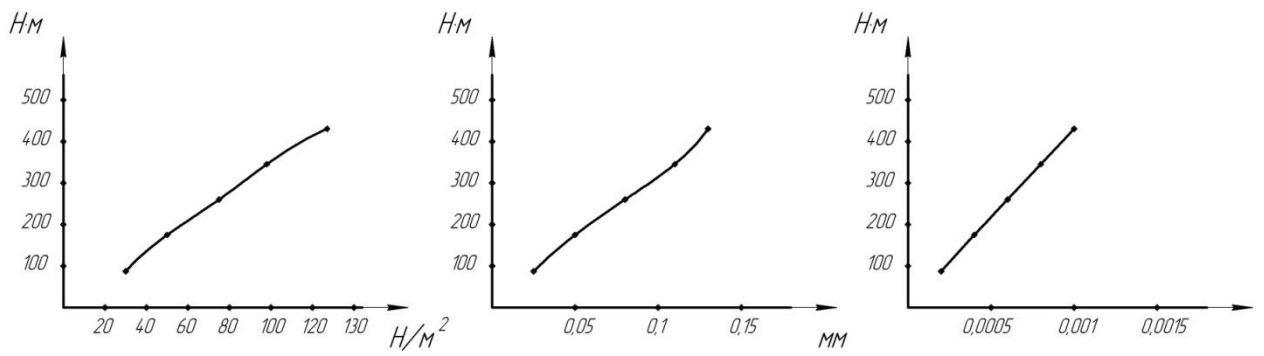


Рисунок 2.5 - Графіки залежностей

2.2 Оптимізація конструкції корпусу вакуум-насосу

При робочій величині крутного моменту 172 Н·м виникають максимальні напруження $49,49 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 = 49,49 \text{ МПа}$, що свідчить, що матеріал деталі витримає прикладені навантаження ($\sigma = 170 \text{ МПа}$), та навіть при крутному моменті 430 Н·м, напруження буде - $123,52 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$, тобто матеріал витримає прикладені навантаження, а отже змін до конструкції корпусу вакуум-насоса вносити немає необхідності. Корпус достатньо міцний та жорсткий.

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дат		25

3. Розмірний аналіз конструкції

3.1 Визначення параметрів якості та норм точності вакуум-насосу

Під час виготовлення вакуум-насосу необхідно забезпечити наступні параметри якості:

1. Плавність ходу поршня 17
2. Нормальна робота підшипників
3. Точність розташування робочої поверхні шківів
4. Продуктивність в необхідних межах [3,4]

Плавність ходу поршня забезпечується (рисунок 3.1):

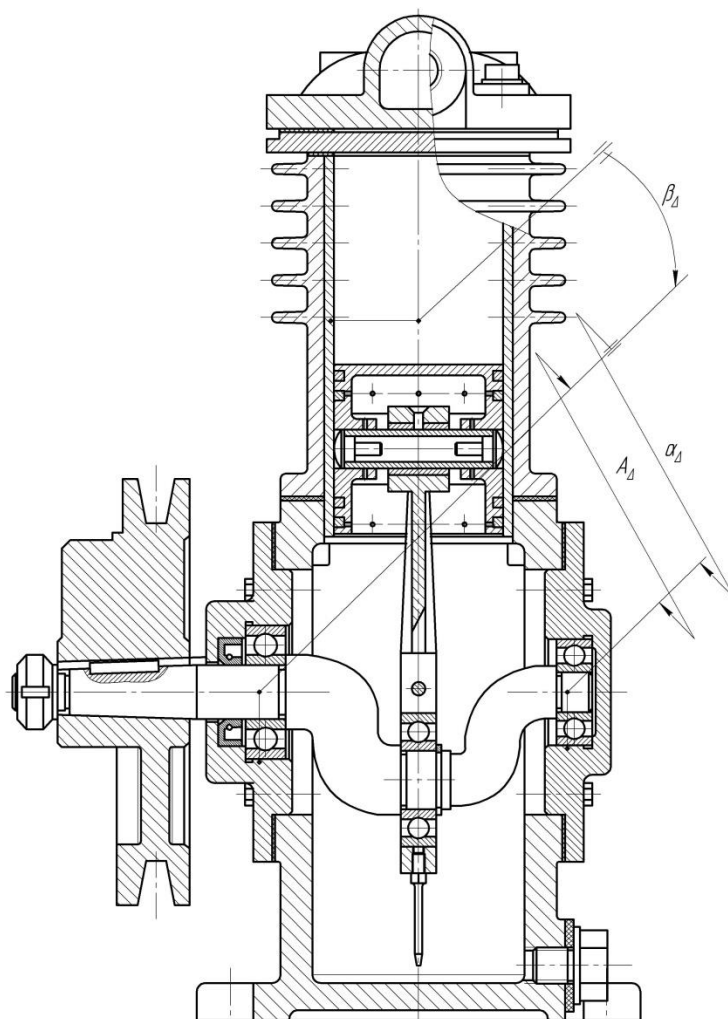


Рисунок 3.1 – Параметри, які забезпечують плавність ходу поршня

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ		
Зм.	Листів	№ докум.	Підпис	Дата	Розмірний аналіз конструкції		
Розроб.		Петрикей С.О.					
Перевір.		Єрошенко А.М.					
Реценз.							
Н. Контр.		Ігнатенко О.А.					
Затв.		Єрошенко А.М.			Літ.	Арк.	Аркушів
						26	2
					НУЧП		

Співвісністю осей двох отворів кришок - A_{Δ}

Відносним поворотом осей двох отворів кришок - α_{Δ}

Точністю відносного повороту вісі отвору гільзи 13 відносно вісі отвору кришки - β_{Δ}

Нормальна робота підшипників забезпечується (рисунок 3.2):

Гарантованими (тепловими) зазорами: B_{Δ} – між торцем кришки та торцем підшипника та B_{Δ} – між торцем підшипника та торцем шайби

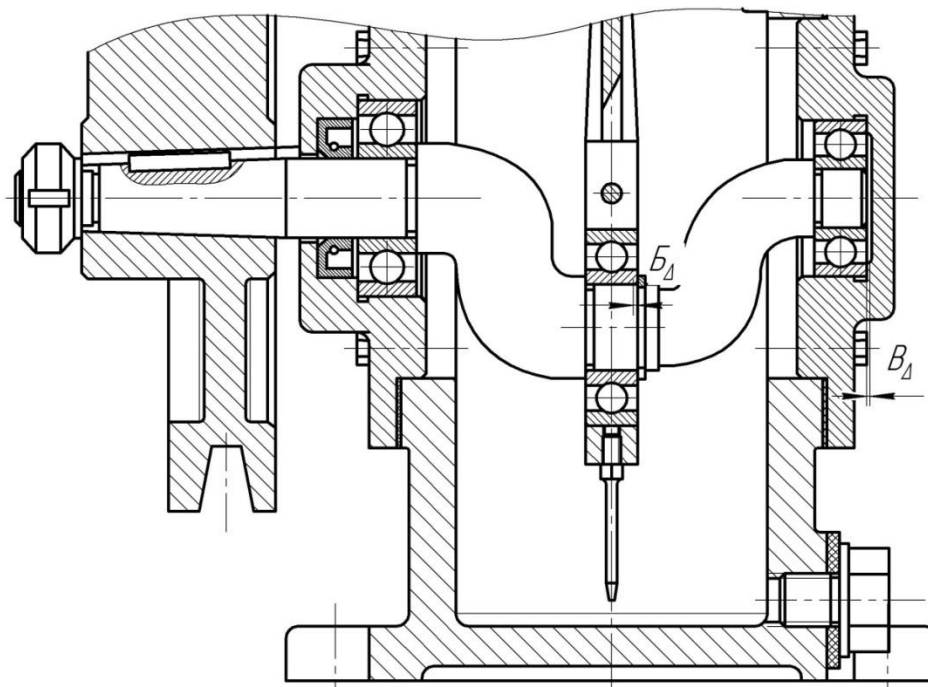


Рисунок 3.2 – Параметри, які впливають на нормальну роботу підшипників

Точність розташування робочої поверхні шківів забезпечується (рисунок 3.3):

Зміщенням вісі симетрії робочої поверхні шківів вакуум-насоса відносно вісі симетрії робочої поверхні шківів електродвигуна - Γ_{Δ} .

Відносний поворот вісі симетрії робочої поверхні шківів вакуум-насоса відносно вісі симетрії робочої поверхні шківів електродвигуна - γ_{Δ} .

Продуктивність в необхідних межах забезпечується (рисунки 3.4):

Гарантованим зазором між пластиною (клапаном) та пазом в голівці 9 (в всмоктуючому клапані) - E_{Δ}

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

Гарантованим зазором між пластиною (клапаном) та пазом в коробці клапана 11 (в нагнітаючому клапані) - D_{Δ}

Величиною лінійного мертвого простору між торцем поршня та торцем коробки клапана - $Ж_{\Delta}$.

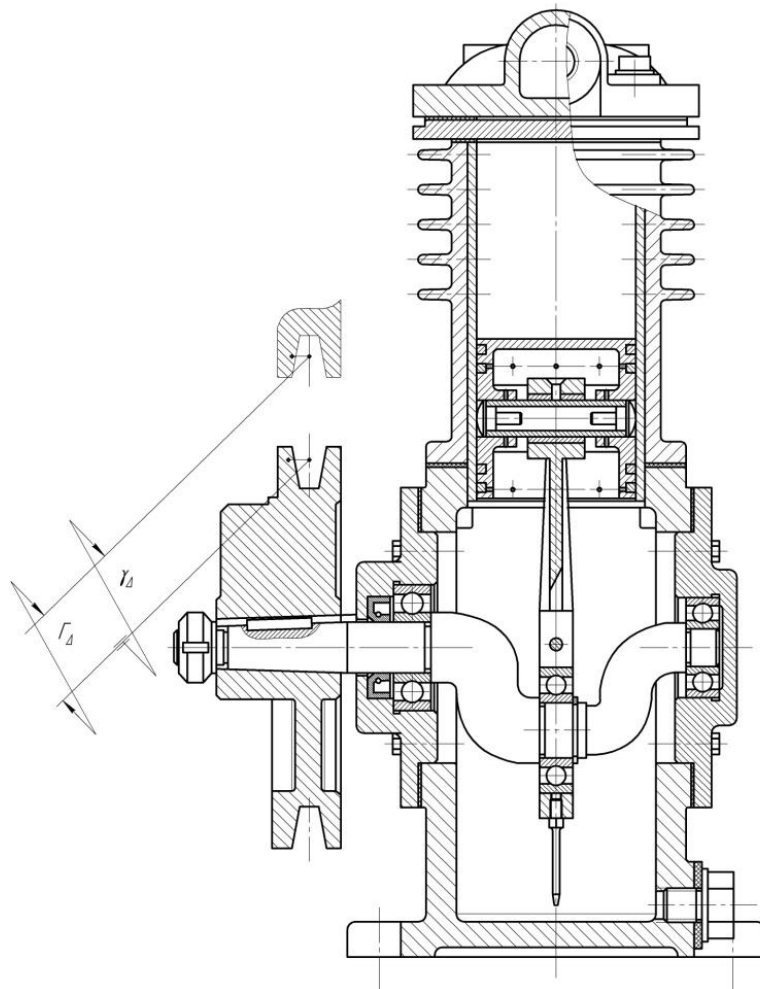


Рисунок 3.3 – Параметри, які впливають на точність розташування робочої поверхні шківів

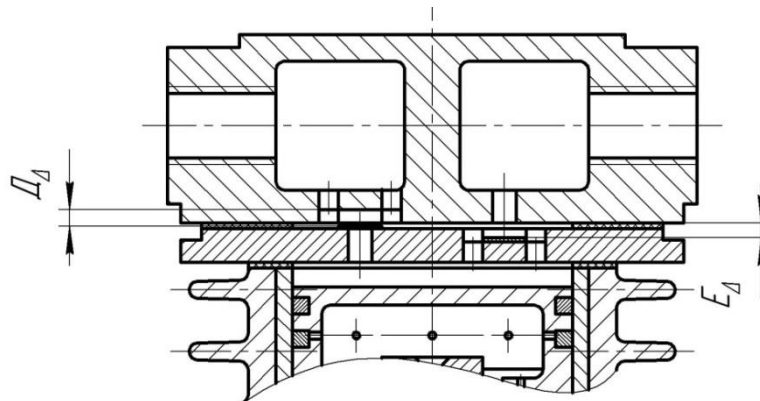


Рисунок 3.4 – Параметри, які впливають на продуктивність в необхідних межах

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

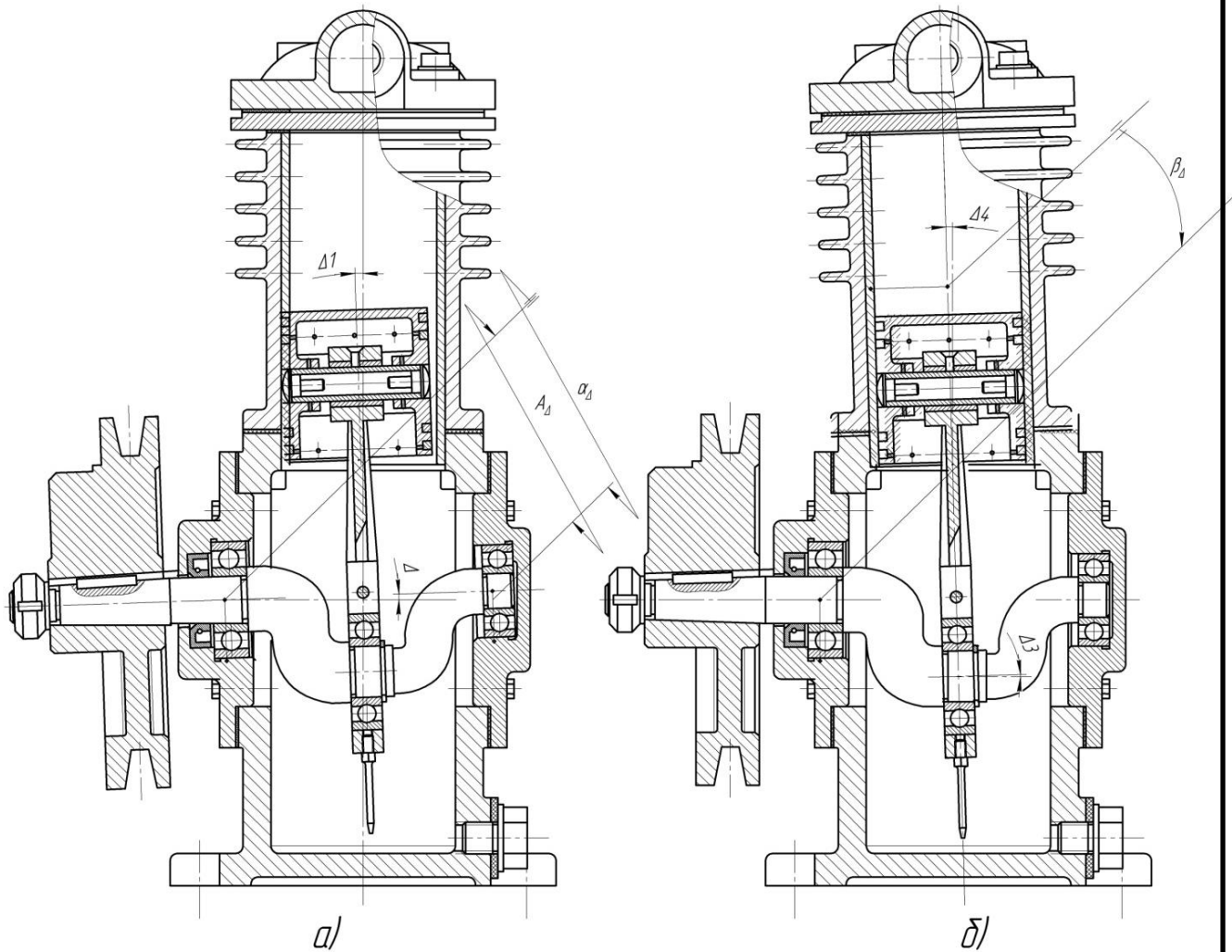
КР ТМ 201.002.002 ПЗ

Арк.

28

3.2 Вплив недотримання норм точності на функції вакуум-наосу

При недотриманні параметрів A , α (рисунок 3.5, а) виникне перекіс робочої поверхні поршня 17 відносно отвору в гільзі 13 при цьому переміщення поршня можливе із заїданнями та з ривками, та з можливим повним заклинюванням.



а) вплив недотримання співвісності та відносного повороту осей отворів двох кришок, б) вплив недотримання точності відносного повороту осей отвору в кришці та отвору в гільзі

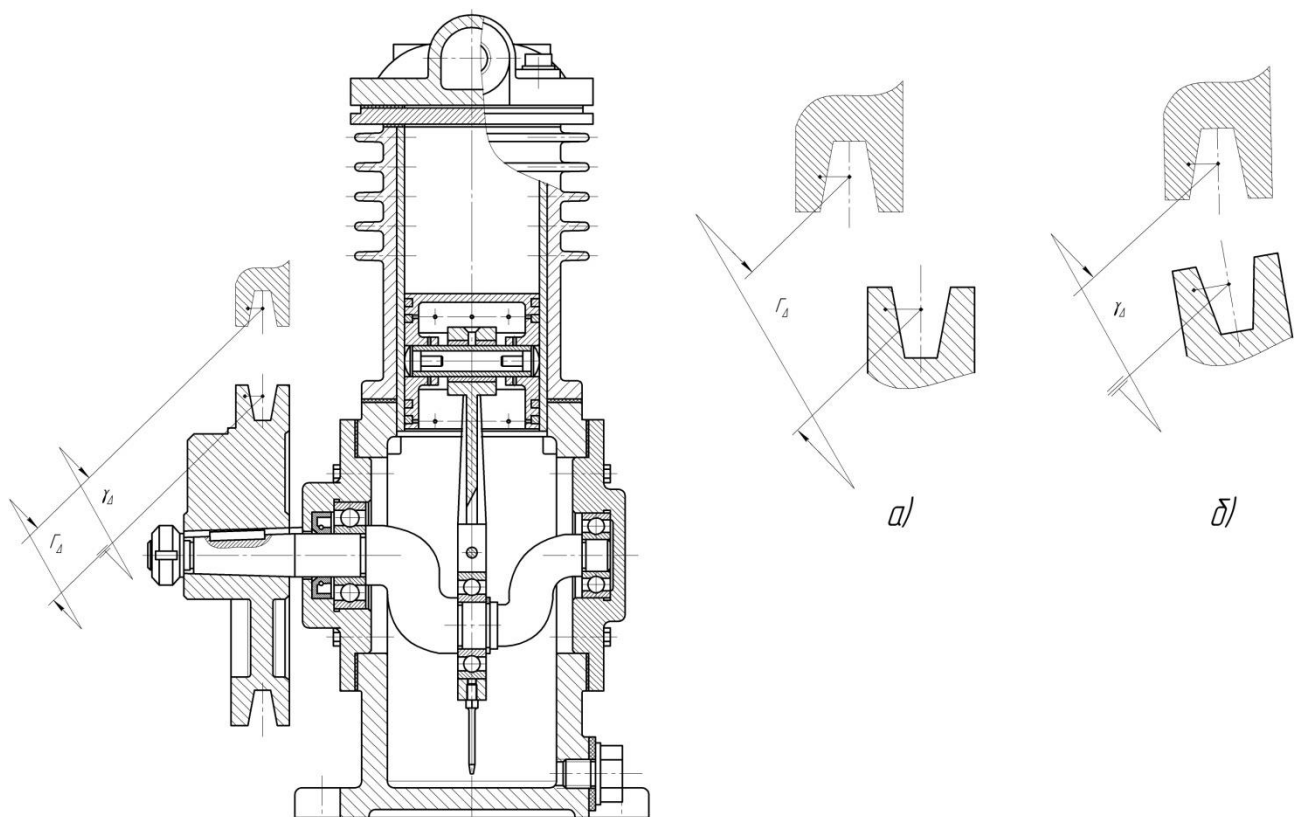
Рисунок 3.5 – Вплив недотримання параметрів A , α та β на легкість переміщення поршня

При недотриманні параметра β (рисунок 3.5, б) виникне також перекіс робочої поверхні поршня 17 відносно отвору в гільзі 13, що пливає на легкість переміщення поршня. Та в даному випадку шатун 2 сприймає навантаження, а саме можливе згинання шатуна.

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		29

Недотримання теплових зазорів B_{Δ} та V_{Δ} (рисунок 3.2) між торцем підшипника та кільцем та кришкою відповідно призводить до швидкого виходу із роботи підшипників кочення. Під час роботи підшипників відбувається під дією температури розширення металу, а отже і розміри підшипника дещо збільшуються. Якщо задані зазори будуть менше допустимих, а бо їх взагалі не буде, то підшипники кочення швидко ламаються.

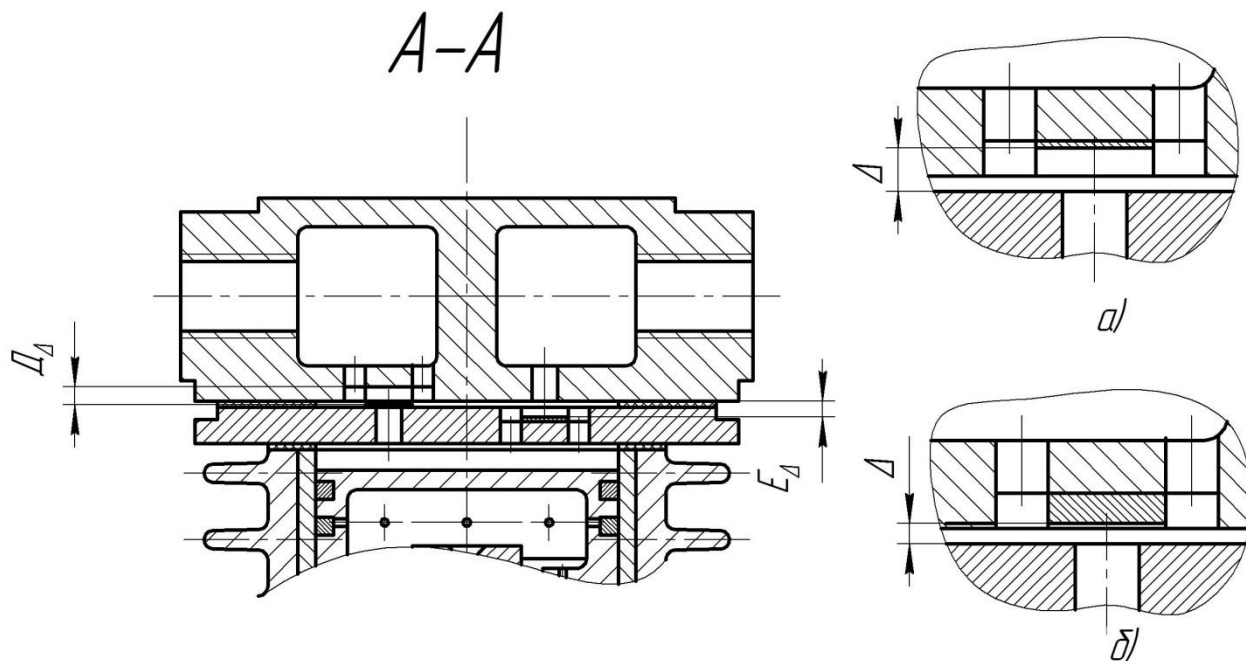
Недотримання правильного розташування робочої поверхні шківів (недотримання параметрів Γ_{Δ} та γ_{Δ} (рисунок 3.6)) вплине на правильну роботу пасової передачі, яка надає рух обертання колінчастому валу вакуум-насосу. А саме із-за неправильного взаємного розташування шківів пас розташовується не правильно і може виникнути проковзування паса та виникає нерівномірне навантаження на пас, що зменшує його довговічність.



а) зміщення осей симетрії робочих поверхонь шківів, б) відносний поворот осей робочих поверхонь шківів

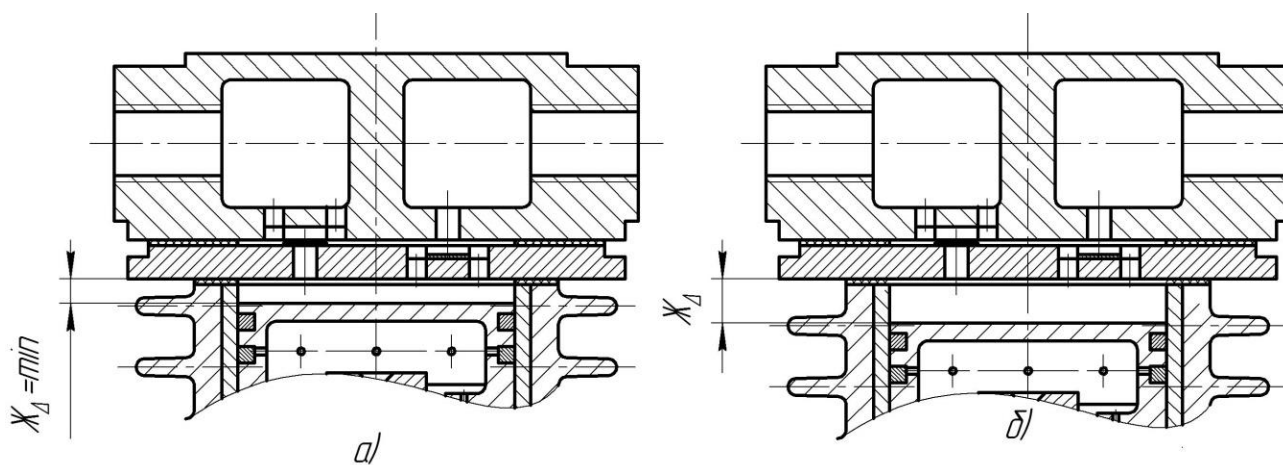
Рисунок 3.6 – Вплив недотримання параметрів Γ та γ на точність розташування робочої поверхні шківів

Якщо недотримуватися величини гарантованих зазорів (якщо вони будуть менше допустимих D_{Δ} та E_{Δ} (рисунок 3.7)), то потік повітря, який нагнітається та всмоктується буде менше необхідного, а отже продуктивність вакуум-насосу буде менше необхідної, а отже і час на створення розрідження в установці збільшиться.



а) – дотримання гарантованого зазору, б) – недотримання гарантованого зазору

Рисунок 3.7 – Вплив недотримання гарантованих зазорів D та E на продуктивність вакуум-насосу



а) мінімальний зазор, б) – недотримання параметра

Рисунок 3.8 – Вплив недотримання величини мертвого простору на продуктивність вакуум-насосу

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

КР ТМ 201.002.002 ПЗ

Арк.

31

Величина мертвого простору (J_{Δ}) впливає на продуктивність вакуум-насосу, а саме збільшення даного зазору призведе до зменшення об'єму газу, який всмоктується вакуум-насосом (рисунок 3.8). Тобто даний зазор повинен бути мінімальним, але достатнім для розміщення масла, яке захоплюється поршковими кільцями та для компенсації теплового розширення.

3.3 Виявлення складальних розмірних ланцюгів

Виявимо всі розмірні ланцюги визначені в попередньому розділі, які наведені на рисунках 3.9 – 3.15.

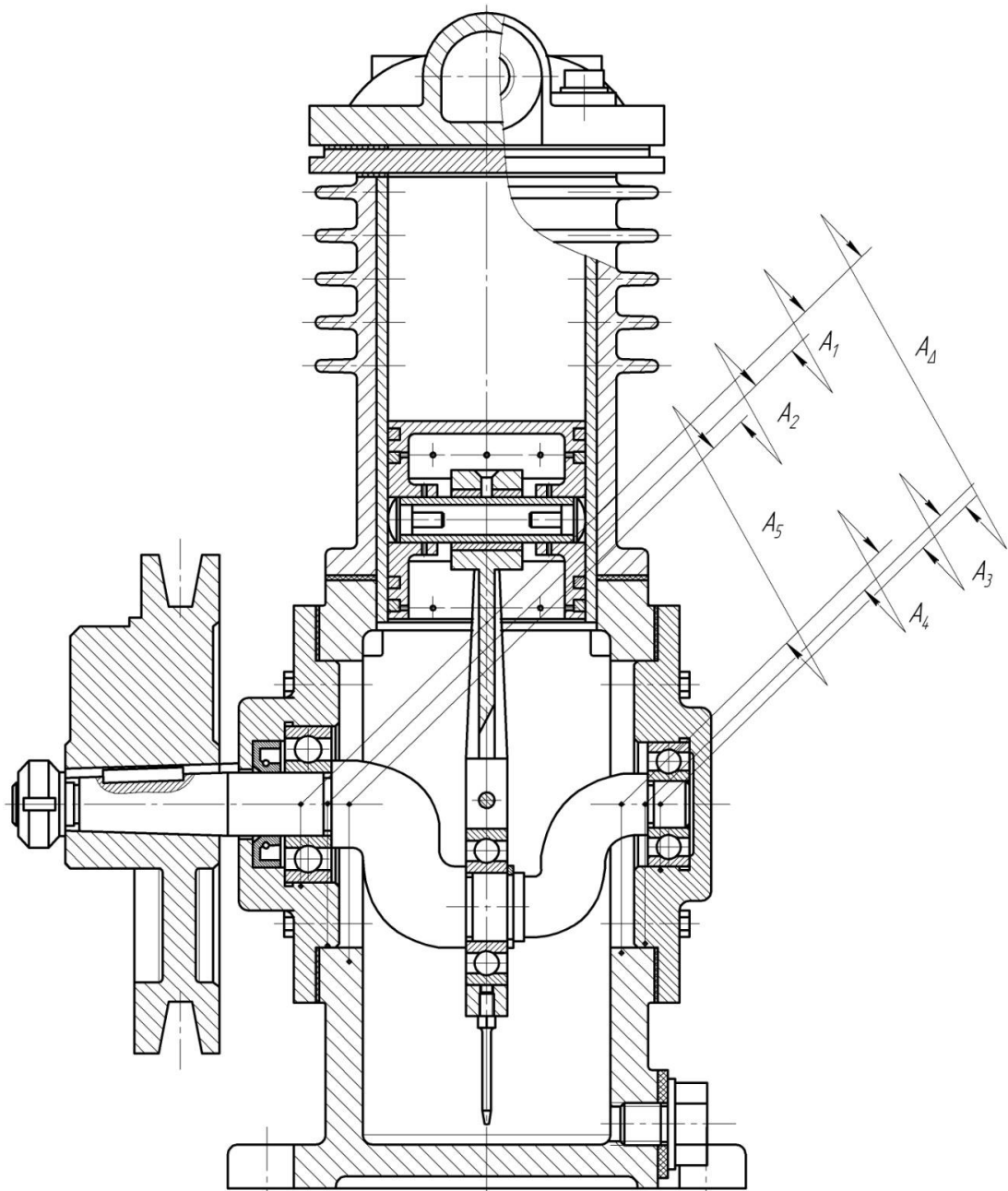


Рисунок 3.9 – Розмірний ланцюг A_{Δ} , який забезпечує плавність ходу поршня

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		32

Розмірний ланцюг А (рисунок 3.9):

A_{Δ} - співвісність осей двох отворів кришок

A_1 - зміщення осей отвору та основної бази кришки наскрізної

A_2 - зміщення осей основної бази кришки наскрізної та отвору в корпусі

A_3 - зміщення осей отвору та основної бази кришки глухої

A_4 - зміщення осей основної бази кришки глухої та отвору в корпусі

A_4 - співвісність двох отворів корпусу

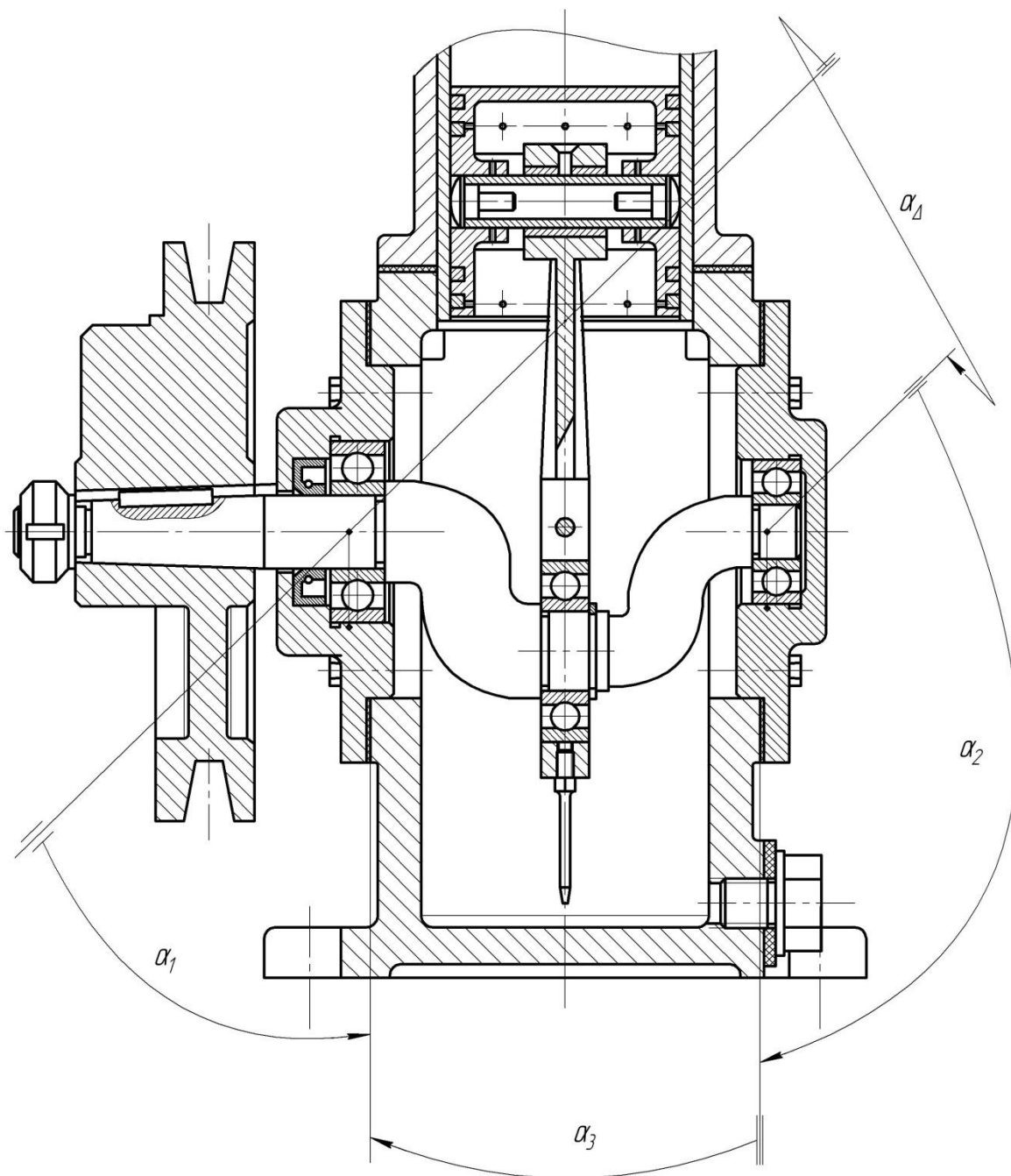


Рисунок 3.10 – Розмірний ланцюг α_{Δ} , який забезпечує плавність ходу поршня

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

КР ТМ 201.002.002 ПЗ

Арк.

33

Розмірний ланцюг α (рисунок 3.10):

α_{Δ} - відносний поворот осей двох отворів кришок

α_1 - точність відносного повороту вісі отвору відносно основної установчої бази кришки наскрізної

α_2 - точність відносного повороту вісі отвору відносно основної установчої бази кришки глухої

α_3 - відносний поворот двох торців корпуса один відносно одного

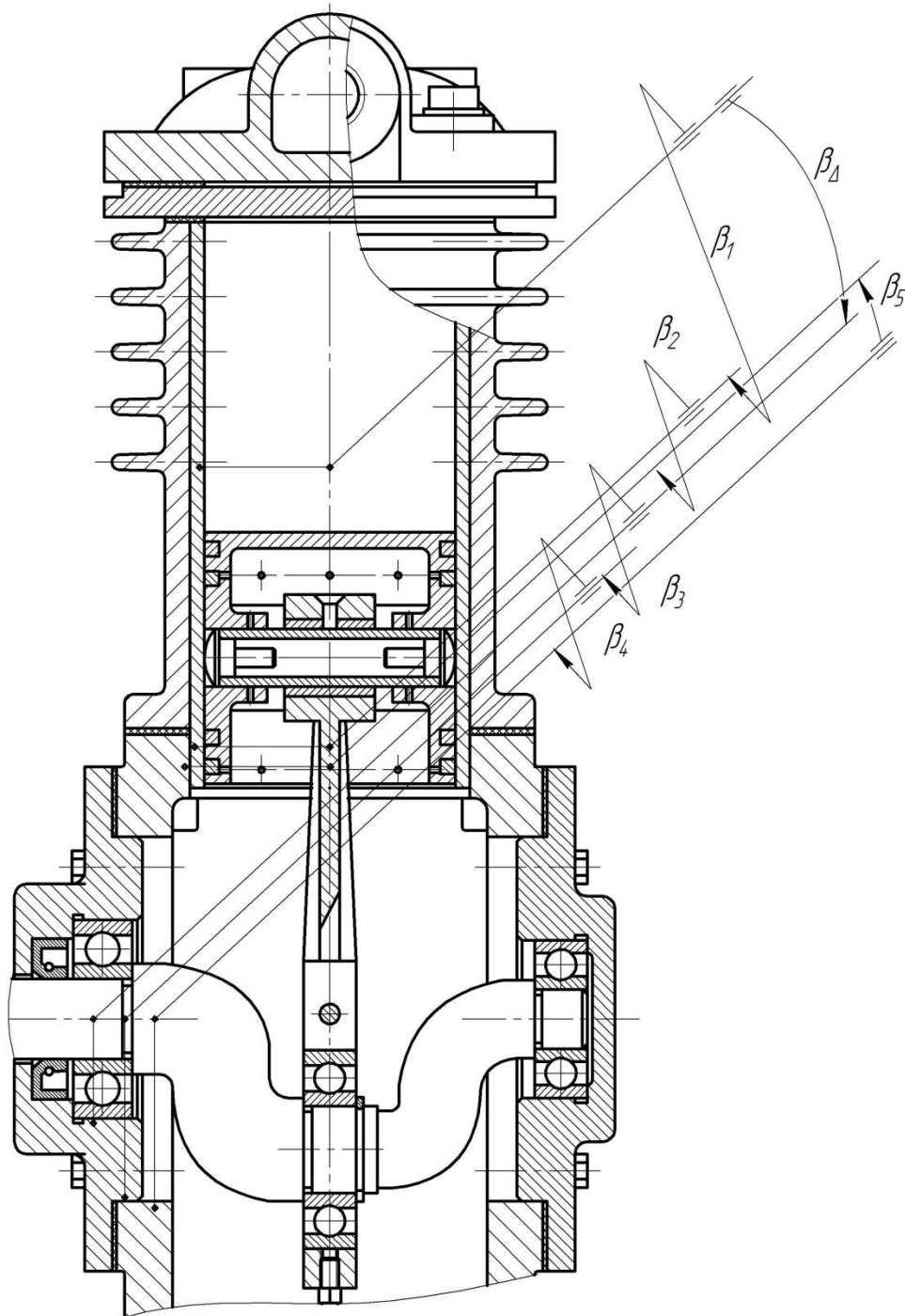


Рисунок 3.11 – Розмірний ланцюг β_{Δ} , який забезпечує плавність ходу поршня

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

КР ТМ 201.002.002 ПЗ

Арк.

34

Розмірний ланцюг β (рисунок 3.11):

β_{Δ} - точністю відносного повороту вісі отвору гільзи 13 відносно вісі отвору кришки наскрізної.

β_1 - відносний поворот вісі отвору відносно вісі основної бази гільзи 13.

β_2 - відносний поворот вісі основної бази гільзи 13 відносно вісі отвору корпусу

β_3 - відносний поворот вісі отвору відносно вісі основної бази наскрізної кришки

β_4 - відносний поворот вісі основної бази наскрізної кришки відносно вісі отвору корпусу

β_5 - точність відносного повороту осей двох отворів корпусу

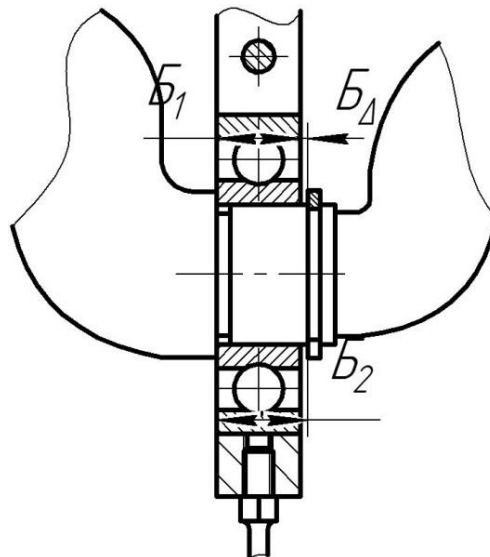


Рисунок 3.12 – Розмірний ланцюг B_{Δ} , який забезпечує нормальну роботу підшипника

Розмірний ланцюг B (рисунок 3.12):

B_{Δ} – гарантований зазор між торцем підшипника та торцем шайби стопорної

B_1 – ширина підшипника кочення

B_2 – точність відстані від торця колінчатого валу до торця шайби стопорної

Розмірний ланцюг B (рисунок 3.13):

B_{Δ} – гарантований (тепловий) зазор між торцем кришки та торцем підшипника

B_1 – точність відстані від торця кришки до основної бази кришки

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		35

B_2 – товщина прокладки

B_3 – точність відстані між двома торцями корпусу

B_4 – товщина прокладки

B_5 – точність відстані від торця до основної бази кришки

B_6 – товщина підшипника

B_7 – точність відстані від торця до торця колінчастого валу

B_8 – товщина підшипника

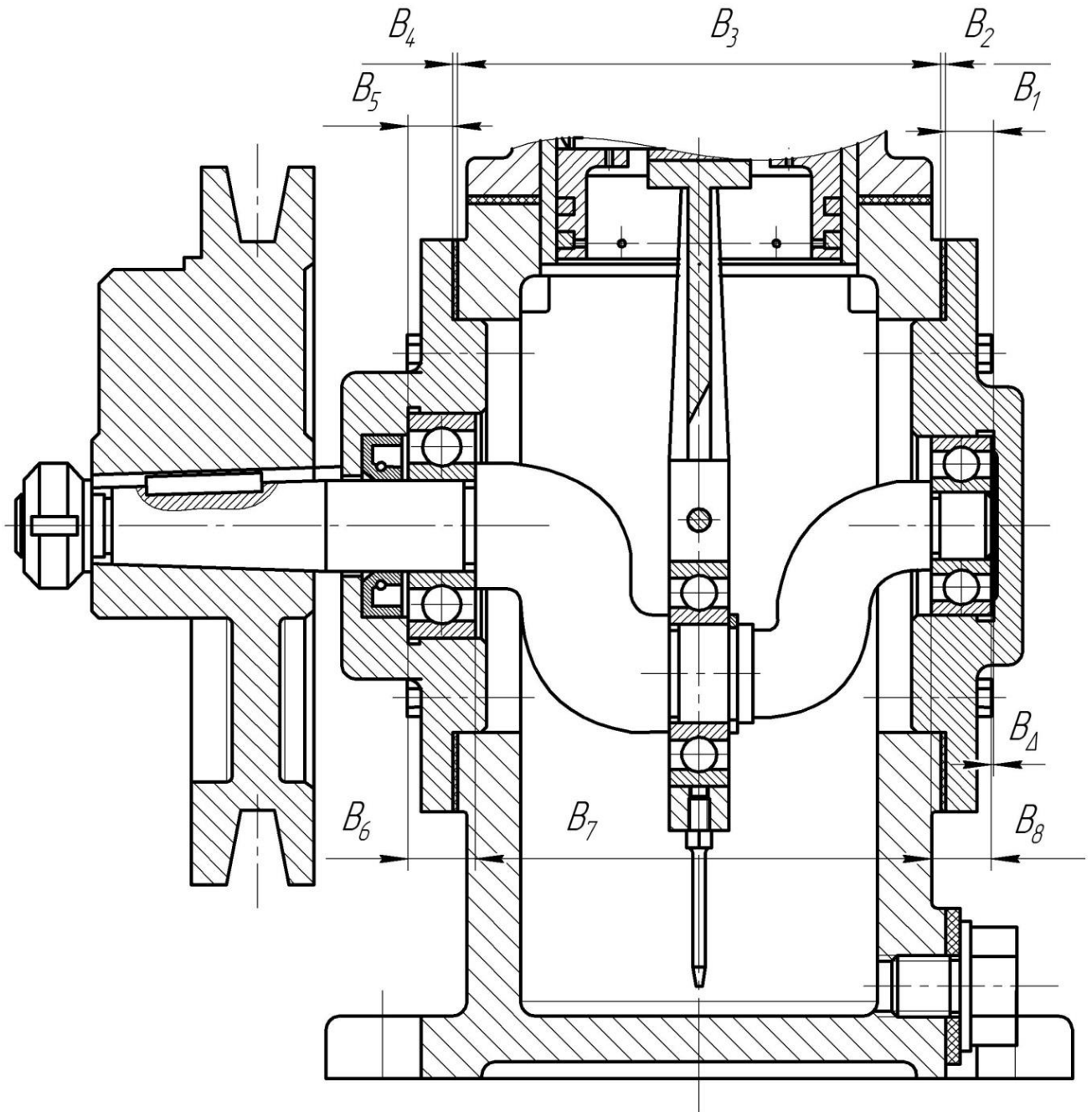


Рисунок 3.13 – Розмірний ланцюг B_{Δ} , який забезпечує нормальну роботу підшипника

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КР ТМ 201.002.002 ПЗ

Арк.

36

Розмірний ланцюг Д (рисунок 3.14):

D_{Δ} – гарантований зазор між пластиною (клапаном) та пазом в голівці 9 (в всмоктую чому клапані).

D_1 – товщина пластини (клапана)

D_2 – товщина прокладки

D_3 – точність відстані від торця паза в в голівці 9 до основної бази голівки 9

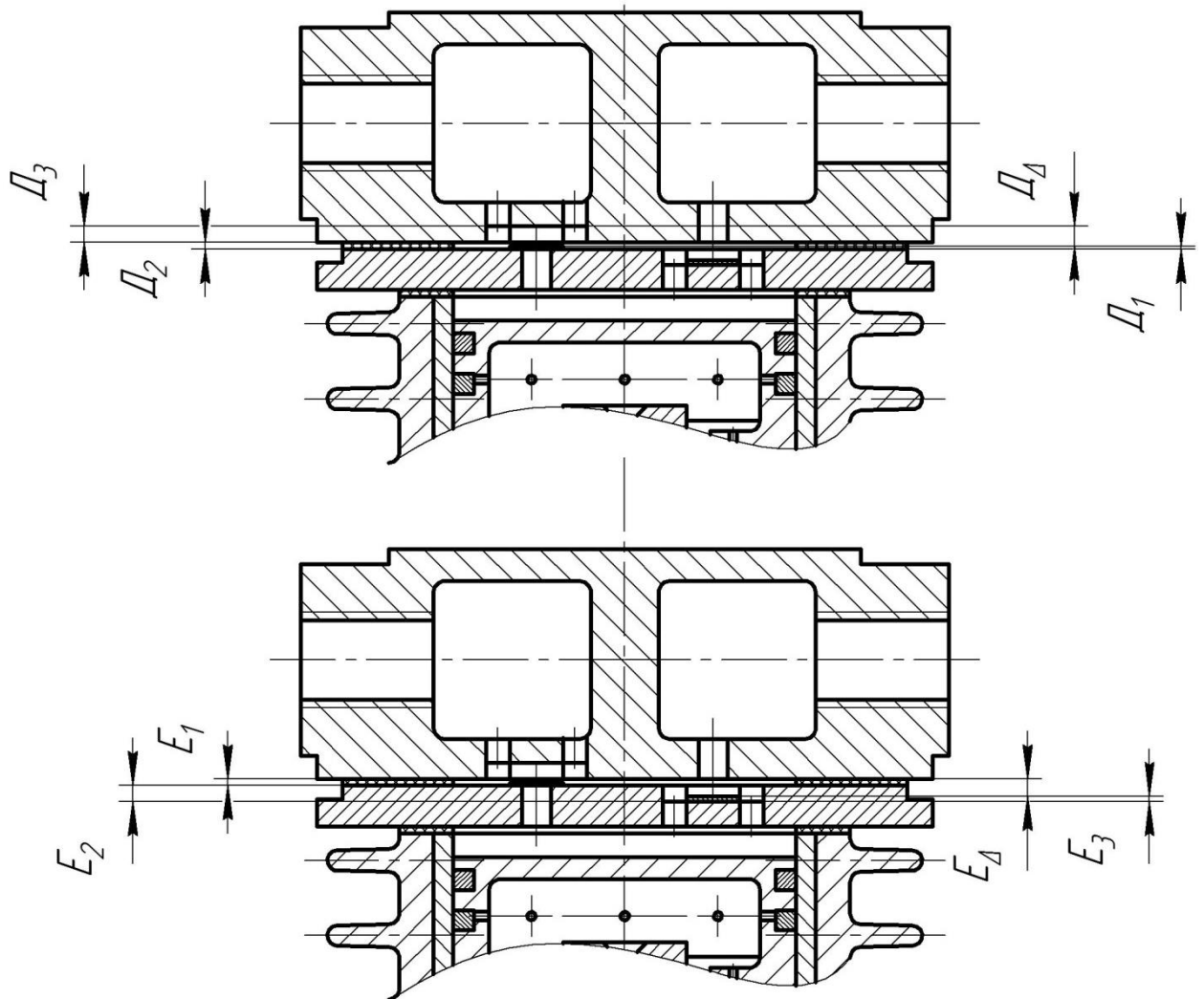


Рисунок 3.14 – Розмірні ланцюги E_{Δ} та D_{Δ} , які забезпечують необхідну продуктивність вакуум-насосу

Розмірний ланцюг Е (рисунок 3.14):

E_{Δ} – гарантований зазор між пластиною (клапаном) та торцем в голівці 9 (в нагнітаючому клапані).

E_1 – товщина прокладки

E_2 – точність відстані від торця до торця пазу в коробці клапана 11

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		37

E_3 – товщина клапана

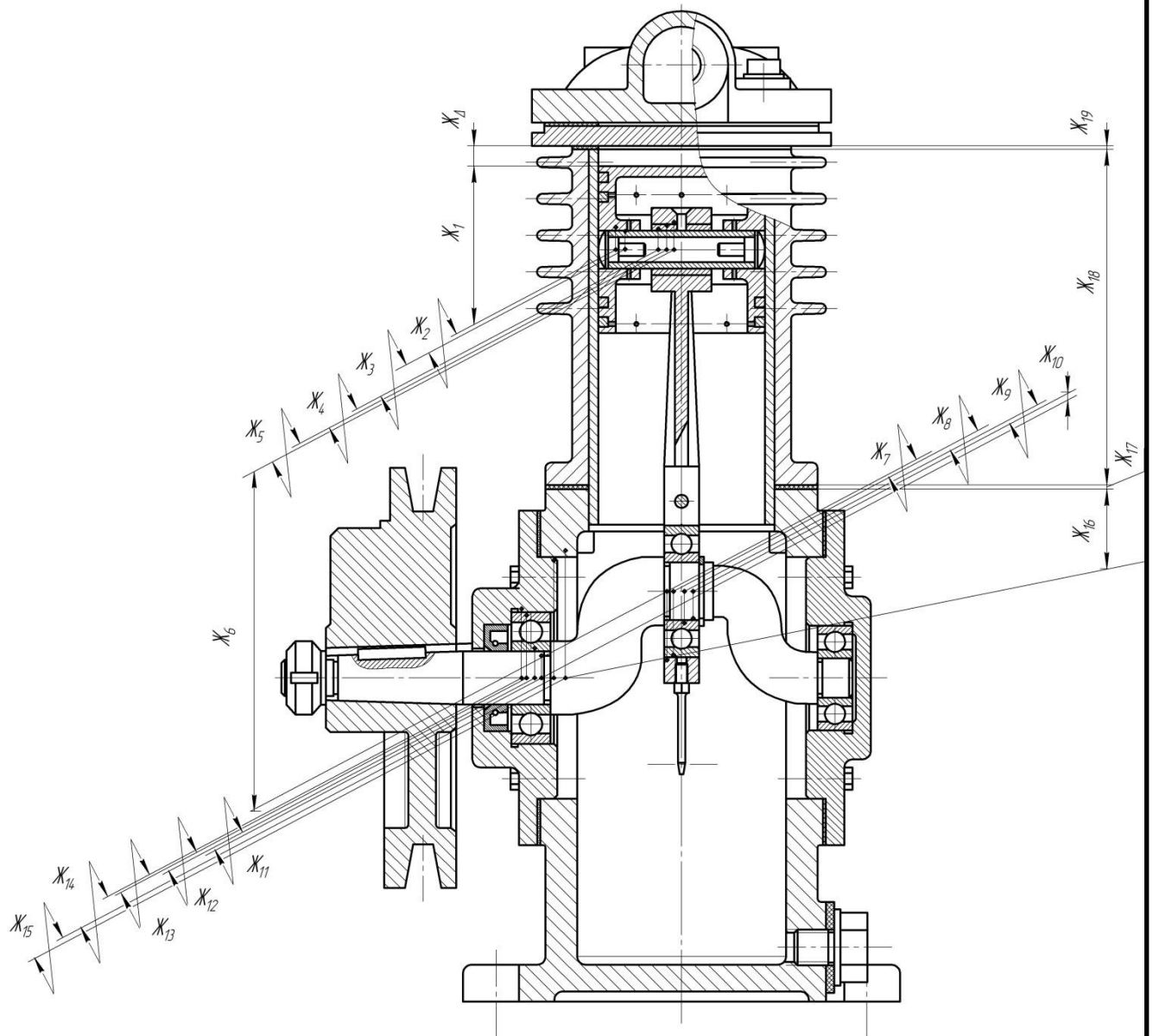


Рисунок 3.15 – Розмірний ланцюг $Ж_{\Delta}$, який забезпечує необхідну продуктивність вакуум-насосу

Розмірний ланцюг Ж (рисунок 3.15):

$Ж_{\Delta}$ – величина лінійного мертвого простору між торцем поршня та торцем коробки клапана.

$Ж_1$ – точність відстані від торця до вісі отвору основної бази поршня

$Ж_2$ – співвісність вісі отвору основної бази поршня та вісі пальця поршневого 16

$Ж_3$ – співвісність вісі пальця поршневого 16 та вісі отвору втулки 28

$Ж_4$ – співвісність вісі отвору та вісі основної бази втулки 28

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КР ТМ 201.002.002 ПЗ

Арк.

38

- Ж₅ – співвісність вісі основної бази втулки 28 та вісі отвору шатуна 2
- Ж₆ – точність відстані від отвору шатуна 2 до вісі основної бази шатуна 2
- Ж₇ – співвісність вісі основної бази шатуна 2 та зовнішнього кільця підшипника
- Ж₈ – співвісність осей зовнішнього та внутрішнього кілець підшипника
- Ж₉ – співвісність вісі внутрішнього кільця підшипника та вісі зовнішньої циліндричної поверхні колінчастого валу
- Ж₁₀ – точність відстані від вісі циліндричної поверхні колінчастого валу до вісі основної бази колінчастого валу
- Ж₁₁ – співвісність вісі основної бази колінчастого валу та вісі внутрішнього кільця підшипника
- Ж₁₂ – співвісність осей зовнішнього та внутрішнього кілець підшипника
- Ж₁₃ – співвісність вісі внутрішнього кільця підшипника та вісі отвору в кришці
- Ж₁₄ – співвісність вісі отвору в кришці та вісі основної бази кришки
- Ж₁₅ – співвісність вісі основної бази кришки та вісі отвору в корпусі під кришку
- Ж₁₆ – точність відстані від вісі отвору в корпусі під кришку до торця корпуса
- Ж₁₇ – товщина прокладки
- Ж₁₈ – точність розміру (висоти) циліндра 14
- Ж₁ – товщина прокладки

Розмірні ланцюги Γ_{Δ} та γ_{Δ} не наводимо, оскільки, в даних ланцюгах задіяно інші механізми зварювальної установки повна конструкція яких нам не відома, тому повні розмірні ланцюги навести в даному випадку неможливо.

3.4 Розрахунок складальних розмірних ланцюгів

Розрахунок будемо проводити розмірного ланцюга А, який забезпечує співвісність отворів в двох кришках (рисунок 3.9). Даний ланцюг складається із 6-ти ланок (разом із замикаючою).

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Середнє значення складових ланок розмірного ланцюга розраховується наступним чином:

$$A_{сер} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |A_i| = \frac{1}{6} \cdot (0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0) = 0 \text{ мм} . \quad (3.1)$$

Середнє значення допуску ланок:

$$T_{сер} = \frac{T_{\Delta}}{1,2\sqrt{m-1}} = \frac{50}{1,2\sqrt{6-1}} = 18,63 \text{ мкм} . \quad (3.2) ,$$

де T_{Δ} - допуск замикаючої ланки визначаємо з креслення складальної одинці,

$$T_{\Delta} = 0,05 \text{ мм} ,$$

$$\Delta_{e_{A_{\Delta}}} = +0,025 \text{ мм} , \Delta_{n_{A_{\Delta}}} = -0,025 \text{ мм} - \text{граничні відхилення;} ,$$

Замикаюча ланка буде отримана за ІТ8, в даному випадку враховуючи кількість ланок та точність замикаючої ланки розрахунок необхідно проводити ймовірнісним методом:

Знаходимо координату середини поля допуску замикаючої ланки:

$$\Delta_{O_{\Delta}} = 0,5 \cdot (\Delta_{e_{\Delta}} + \Delta_{n_{\Delta}}) = 0,5 \cdot (25 + (-25)) = 0 \text{ мкм}$$

Передаточні відношення складових ланок:

$$C_1 = C_2 = -1 - \text{зменшуючі;} ,$$

$$C_3 = C_4 = C_5 = +1 - \text{збільшуючі} .$$

Номінальні значення складових ланок приймаємо з складального креслення (вимірів). Визначаємо номінальне значення замикаючої ланки:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^m C_i \cdot A_i = 0 + 0 + 0 - 0 - 0 = 0 \text{ мм} . \quad (3.3)$$

Коефіцієнт відносного розсіювання λ_i буде:

$$\lambda_i^2 = (K/t)^2 = (1,732/3)^2 = 0,33 , \quad (3.4)$$

де K_i - коефіцієнти відносного розсіювання, $K_i = 1,732$ [5]

t - коефіцієнт ризику, $t = 3$ [5]

$\alpha_i = 0$ (для всіх ланок).

Визначаємо параметр i для кожної ланки:

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		40

$$i_1 = i_2 = i_3 = i_4 = i_5 = 0,55 \text{ мкм [5].}$$

Визначаємо коефіцієнт а точності складових ланок:

$$a = \frac{\sqrt{T_{\Delta}^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n K_i^2 \cdot i_i^2}} = \frac{\sqrt{50^2}}{\sqrt{1.732^2 \cdot (5 \cdot 0.55^2)}} = 23,47. \quad (3.5)$$

Згідно розрахованому параметру а визначаємо квалітет точності складових данок (IT8), отже $T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = T_5 = 14 \text{ мкм [5]}$

Розрахункове значення допуску замикаючої ланки:

$$T_{\Delta p} = \frac{1}{\lambda_{\Delta}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m C_i^2 \cdot \lambda_i^2 \cdot T_i^2}, \quad (3.6)$$

де λ_{Δ} - коефіцієнт відносного розсіювання замикаючої ланки, який в нашому випадку при $C_i = 1$ дорівнює

$$\lambda_{\Delta} = \frac{1}{3} + \frac{0,183}{\sum_{i=1}^{m-1} T_i} \cdot \left(t \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} c_i^2 \cdot \lambda_i^2 \cdot T_i^2} - \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} c_i^2 \cdot T_i^2} \right) = \frac{1}{3} + \frac{0,183}{5 \cdot 14} \times$$

$$\times \left(3 \cdot \sqrt{0,33 \cdot (5 \cdot 14^2)} - \sqrt{5 \cdot 14^2} \right) = 0,393$$

$$T_{\Delta p} = \frac{1}{0,393} \cdot \sqrt{0,33 \cdot (5 \cdot 14^2)} = 45,76 \text{ мкм} \approx 46 \text{ мкм}.$$

Після проведення розрахунків видно, що розрахункове значення менше за допустиме, а отже, необхідно збільшити допуск однієї із ланок, узгоджуючою ланкою приймаємо A_5 : неузгодженість допусків складає $r_T = 50 - 46 = 4 \text{ мкм}$

$$T_{iy} = \sqrt{\frac{\lambda_{\Delta}^2}{C_{iy}^2 \cdot \lambda_{iy}^2} \cdot \left(T_{\Delta}^2 - \frac{1}{\lambda_{\Delta}^2} \sum_{i=1}^{m-2} \lambda_i^2 \cdot T_i^2 \right)}, \quad (3.7)$$

$$T_{iy} = \sqrt{\frac{0,393^2}{0,33} \cdot \left(50^2 - \frac{1}{0,393^2} \cdot (0,33(4 \cdot 14^2)) \right)} = 19,65 \text{ мкм} \approx 20 \text{ мкм}.$$

З урахуванням узгоджених допусків визначаємо λ_{Δ} знову:

$$\lambda_{\Delta} = \frac{1}{3} + \frac{0,183}{\sum_{i=1}^{m-1} T_i} \cdot \left(t \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} c_i^2 \cdot \lambda_i^2 \cdot T_i^2} - \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} c_i^2 \cdot T_i^2} \right) = \frac{1}{3} + \frac{0,183}{4 \cdot 14 + 20} \times$$

$$\times \left(3 \cdot \sqrt{0,33 \cdot (4 \cdot 14^2 + 20^2)} - \sqrt{4 \cdot 14^2 + 20^2} \right) = 0,393$$

$$T_{iy} = \sqrt{\frac{0,393^2}{0,33} \cdot \left(50^2 - \frac{1}{0,393^2} \cdot (0,33(4 \cdot 14^2)) \right)} = 19,65 \text{ мкм} \approx 20 \text{ мкм}$$

Остаточне розрахункове значення допуску замикаючої ланки:

$$T_{\Delta p} = \frac{1}{0,393^2} \cdot \sqrt{0,33 \cdot (4 \cdot 14^2 + 20^2)} = 50,29 \text{ мм} \approx 50 \text{ мм}.$$

Отже: $A_1=0 \pm 0,007$ мм, $A_2 \pm 0,007$ мм, $A_3=0 \pm 0,007$ мм, $A_4=0 \pm 0,007$ мм,
 $A_5=0 \pm 0,01$ мм,

Визначаємо координату середини поля допусків складових ланок:

$$\Delta_{o1} = \Delta_{o2} = \Delta_{o3} = \Delta_{o4} = \Delta_{o5} = 0 \text{ мкм}.$$

Визначаємо коефіцієнт відносної асиметрії замикаючої ланки:

$$\alpha_{\Delta} = \frac{0,59 \cdot \sum_{i=1}^{m-1} C_i \cdot \alpha_i \cdot T_i}{\sum_{i=1}^{m-1} |C_i| \cdot T_i}$$

$$\alpha_{\Delta} = \frac{0,59 \cdot ((-1 \cdot 0 \cdot 14) + (-1 \cdot 0 \cdot 14) + (1 \cdot 0 \cdot 14) + (1 \cdot 0 \cdot 14) + (1 \cdot 0 \cdot 20))}{14 + 14 + 14 + 14 + 20} = 0 \text{ мкм}.$$

Розрахункова координата середини поля допуску замикаючої ланки:

$$\Delta o_{\Delta p} = \sum_{i=1}^{m-1} C_i \cdot (\Delta o_i + 0,5 \cdot \alpha_i \cdot T_i) - 0,5 \cdot \alpha_{\Delta} \cdot T_{\Delta} = -1(0 + 0,5 \cdot 0 \cdot 14) +$$

$$-1(0 + 0,5 \cdot 0 \cdot 24) + 1(0 + 0,5 \cdot 0 \cdot 14) + 1(0 + 0,5 \cdot 0 \cdot 14) + 1(0 + 0,5 \cdot 0 \cdot 20) +$$

$$-0,5 \cdot (0) \cdot 50 = 0 \text{ мм}.$$

То попередні значення приймаються остаточно, та наводимо їх в таблиці 3.1.

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 3.1 – Розрахункові показники розмірного ланцюга А

Ланка	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A _Δ
Номинальний розмір, мм	0	0	0	0	0	0
Величина допуску, мкм	14	14	14	14	20	50
Верхнє відхилення, мкм	+7	+7	+7	+7	+10	+25
Нижнє відхилення, мкм	-7	-7	-7	-7	-10	-25

Розглянемо розмірний ланцюг Б (рисунок 3,12), який вкладається із трьох ланок (разом із замикаючою). Аналогічно до попереднього розмірного ланцюга визначимо середнє значення складових ланок:

$$B_{сер} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |B_i| = \frac{1}{3} \cdot (14 + 15) = 9,67 \text{ мм.} \quad (3.1)$$

Середнє значення допуску ланок:

$$T_{сер} = \frac{T_{\Delta}}{m-1} = \frac{300}{3-1} = 150 \text{ мкм.} \quad (3.2),$$

де T_{Δ} - допуск замикаючої ланки визначаємо з креслення складальної одиниці,

$$T_{\Delta} = 0,3 \text{ мм,}$$

$$\Delta_{в_{A_{\Delta}}} = +0,3 \text{ мм, } \Delta_{н_{A_{\Delta}}} = \text{мм} - \text{граничні відхилення;}$$

Замикаюча ланка буде отримана за IT12, будемо проводити розрахунок методом максимум-мінімуму.

Знаходимо координату середини поля допуску замикаючої ланки:

$$\Delta_{O_{\Delta}} = 0,5 \cdot (\Delta_{в_{\Delta}} + \Delta_{н_{\Delta}}) = 0,5 \cdot (300 + (0)) = +150 \text{ мкм}$$

Передаточні відношення складових ланок:

$C_1 = -1$ – зменшуюча;

$C_2 = +1$ – збільшуюча.

Номинальні значення складових ланок приймаємо з складального креслення (вимірів). Визначаємо номинальне значення замикаючої ланки:

$$B_{\Delta} = \sum_{i=1}^m C_i \cdot B_i = 15 - 14 = 1 \text{ мм.}$$

В даному розмірного ланцюзі задіяна стандартизована деталь підшипник. Для даної деталі допуск на задану ланку ми можемо дізнатися за ГОСТ 520-2002 та складає $T_1 = 120$

Визначаємо параметр i для кожної ланки:

$$i_2 = 1,08 \text{ мкм [5].}$$

$$a = \frac{T_{\Delta}}{\sum_{i=1}^{m-1} i_i} = \frac{300}{1,08} = 277,77. \quad (3.8)$$

Згідно розрахованому параметру a визначаємо квалітет точності складових данок (IT13), отже $T_2 = 220$ мкм

Визначаємо розрахункове значення допуску замикаючої ланки:

$$T_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} T_i = 120 + 220 = 340 \text{ мкм.} \quad (3.9)$$

Одна видно, що розрахункове значення більше за задане, отже необхідно допуски ланки B_2 зменшити на 40 мкм (на величину неузгодженості), тоді $T_2 = 180$

Отже попередньо приймаємо : $B_1 = 14_{-0,12}$ мм, $B_2 = 15^{+0,18}$ мм

Визначаємо координату середини поля допусків складових ланок:

$$\Delta_{o1} = -60 \text{ мкм, } \Delta_{o2} = +90 \text{ мкм.}$$

Знаходимо розрахункову координату середини поля допуску замикаючої ланки:

$$\Delta_{o_{\Delta p}} = \sum_{i=1}^{m-1} C_i \cdot \Delta_{oi} = -60 + 90 = +30 \quad (3.10)$$

Отже, виникає неузгодженість, тому необхідно зробити перерахунок допуску для ланки B_2 (для збільшуючої ланки):

$$\Delta_{oiy} = \Delta_{o\Delta} - \sum_{i=1}^{n-1} \Delta_{oi\beta_i} + \sum_{n+1}^{m-1} \Delta_{oi\gamma_m} \quad (3.11)$$

$$\Delta_{oiy} = 150 - (-60) = 210$$

Знаходимо граничні відхилення узгоджуючої ланки:

$$\Delta_{\epsilon iy} = \Delta_{oiy} + 0,5 \cdot T_{iy} = 210 + 0,5 \cdot 180 = +300 \quad (3.12)$$

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

$$\Delta_{niy} = \Delta o_{iy} - 0,5 \cdot T_{iy} = 210 - 0,5 \cdot 180 = +120 \quad (3.13)$$

Таблиця 3.2 – Розрахункові показники розмірного ланцюга Б

Ланка	Б ₁	Б ₂	Б _Δ
Номінальний розмір, мм	14	15	1
Величина допуску, мкм	120	180	300
Верхнє відхилення, мкм	0	+300	+300
Нижнє відхилення, мкм	-120	+120	0

4. Технологічний процес складання вузла

4.1 Розробка технологічної схеми складання вакуум-насосу

На рисунку 4.1 зображено схему складання вакуум-насосу.

4.2 Розробка структури технологічного процесу складання

Перед початком складання необхідно деталі вакуум-насосу підготувати до складальних робіт, складання виконується за чотири операції (три вузлові та одне загальне складання), тобто загальна кількість операцій буде п'ять.

Операція 005. Промивка

Метою операції: промивка деталей вакуум-насосу перед складанням.

Код операції: 0125.

Зміст операції:

- Оглянути деталі вакуум-насосу на наявність дефектів (візуально).
- Промити деталі в мийній машині з просушкою їх в тій же машині.

Інструменти та обладнання:

- Мийна машина для деталей та агрегатів MAGIDO L90

Операція 010. Складальна

Мета операції: складання шатуна в зборі

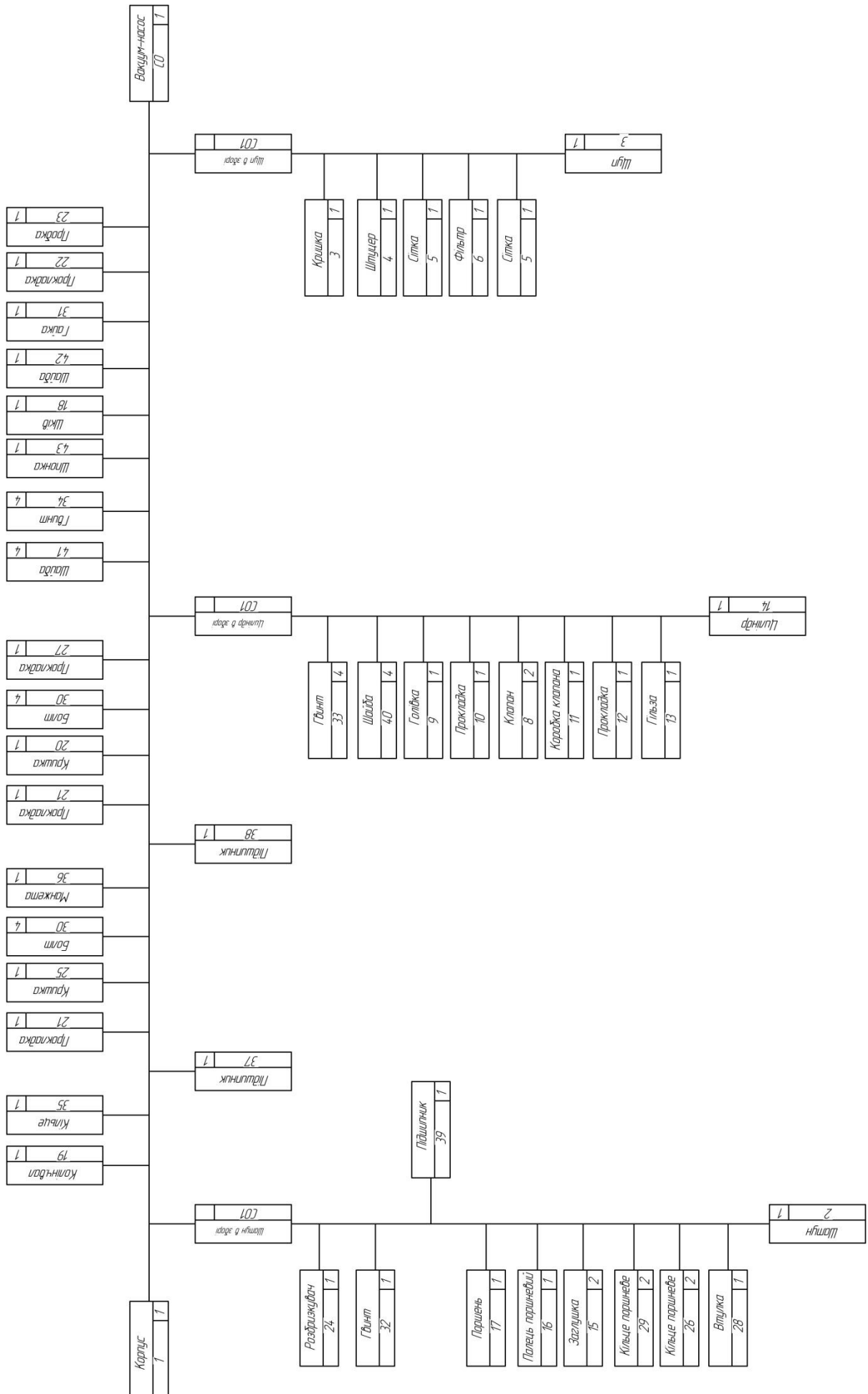
Код операції: 8800

Зміст операції:

- В шатун 2 (рисунок 1.2) запресувати втулку 28
- На поршень 17 встановити два кільця поршневих 26 та два кільця поршневих 29
- Запресувати дві заглушки 15 в поршневий палець 16

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КР ТМ 201.002.002 ПЗ			
Розроб.		Петрикей С.О.			Технологічний процес складання вузла	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Єрошенко А.М.					46	2
Реценз.						НУЧП		
Н. Контр.		Ігнатенко О.А.						
Затв.		Єрошенко А.М.						

Рисунок 4.1 – Схема складання вакуум-насос



- Запресувати поршневий палець 16 в поршень 17 із встановленням шатуна 2 із втулкою 28.
- Встановити підшипник 39 в шатун 2
- Загвинтити гвинт 32 в шатун 2
- Загвинтити в шатун 2 розбризкувач 24.

Інструменти та обладнання:

- Верстак слюсарно-складальний
- Плоска викрутка ГОСТ 17199
- Ручний прес Holzmann DOP 3000
- Молоток слюсарний ГОСТ2310

Операція 015. Складальна

Мета операції: складання циліндра в зборі

Код операції: 8800

Зміст операції:

- В циліндр 14 запресувати гільзу 13
- Зверху на циліндр 14 встановити прокладку 12 та коробку клапана 11
- На коробку клапана 11 встановити прокладку 10 та вкласти в паз коробки клапана один клапан 8 та покласти на отвори клапана 11 другий клапан 11
- Зверху прокладки 10 встановити голівку 9 та закріпити все це чотирма гвинтами 33 до циліндра 14.

Інструменти та обладнання:

- Верстак слюсарно-складальний
- Акумуляторний гайковерт Дніпро-М DTW-201BC Compact

Операція 020. Складальна

Мета операції: складання щупа в зборі

Код операції: 8800

Зміст операції:

- На щуп 3 вдягнути сітку 5, фільтр 6, другу сітку 5

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		48

- Встановити щуп в штуцер 4
- Нагвинтити на штуцер 4 кришку 7

Інструменти та обладнання:

- Верстак слюсарно-складальний

Операція 025. Складальна

Мета операції: складання вакуум-насосу

Код операції: 8800

Зміст операції:

- В корпус 1 вставити шатун в зборі
- В корпус 1 встановити колінчастий вал 19 із встановленням на нього шатуна в зборі
- Закріпити кільцем 35 положення шатуна на колінчастому валу 19.
- Встановити підшипник 37 на колінчастий вал 19
- Вдягнути прокладку 21 на кришку 25
- Встановити кришку 25 на корпус 1 та закріпити чотирма болтами 30
- Встановити манжету 36 в кришку 20
- Встановити підшипник 38 на колінчастий вал 19
- Вдягнути прокладку 21 на кришку 20
- Встановити кришку 20 на корпус 1 та закріпити чотирма болтами 30
- Вдягнути прокладку 27 на циліндр в зборі
- Встановити циліндр в зборі на корпус 1 (з розміщенням поршня в циліндрі)
- Закріпити циліндр в зборі чотирма гвинтами 34
- Вручну перевірити легкість обертання колінчастого валу.
- Вкласти шпонку 43 в шпонковий паз колінчастого валу 19
- Встановити на колінчастий вал 19 шків 18
- Вдягнути на колінчастий вал 19 до упору шайбу 42
- Закріпити положення шківа за допомогою гайки 31
- Вдягнути прокладку 22 на пробку 23
- Вгвинтити пробку 23 в корпус 1

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		49

- Встановити щуп в зборі в корпус 1.

Інструменти та обладнання:

- Верстак слюсарно-складальний
- Акумуляторний гайковерт Дніпро-М DTW-201BC Compact
- Пласка викрутка ГОСТ 17199

4.3 Нормування технологічного процесу складання

Для визначення кількості робочих стендів необхідно провести нормування технологічного процесу складання вакуум-насосу для цього використовуємо нормативи часу для одиничного та дрібносерійного виробництва.

Більш детально нормування розглянемо на прикладі операції 020. Норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою:

$$T_{штскл} = (T_{оп} + T_{п.з.} + T_{обс} + T_{відп})K, \text{ де} \quad (4.1)$$

$T_{оп}$ – оперативний час;

$T_{п.з.}$ – підготовчо-заклучний час (2.0%)

$T_{обс}$ – час на обслуговування робочого місця (3.5%)

$T_{відп}$ – час на відпочинок та власні потреби (6.0%)

K – коефіцієнт, який враховує кількість складаємих вузлів в партії, $K=1$.

Визначення оперативного часу:

- На щуп 3 вдягнути сітку 5, фільтр 6, другу сітку 5 – $0,1+0,1+0,1=0,3$ хв [6]
- Встановити щуп в штуцер 4 – 0,1 хв [6]
- Нагвинтити на штуцер 4 кришку 7 – 0,32 хв. [6]

Загальний оперативний час складає $T_{оп} = 0,3+0,1+0,32=0,72$ хв.

$$T_{п.з.} = T_{оп} \cdot 2\% = 0,72 \cdot 2\% = 0,014 \text{ хв}$$

$$T_{обс} = T_{оп} \cdot 3,5\% = 0,72 \cdot 3,5\% = 0,03 \text{ хв}$$

$$T_{відп} = T_{оп} \cdot 6\% = 0,72 \cdot 6\% = 0,04 \text{ хв}$$

$$T_{штскл} = (0,72+0,014+0,03+0,04)1,0 = 0,804 \approx 0,8 \text{ хв.}$$

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		50

В таблиці 4.1 зазначені інші переходи складальних робіт.

Таблиця 4.1 – Норми часу на складання вакуум-насосу

Зміст операції	T _{оп} , хв.	T _{пз/п} , хв.	T _{обсл} , хв.	T _{від} , хв.	T _{шк} , хв.
1	2	3	4	5	6
010 В шатун 2 запресувати втулку 28	0,23				
На поршень 17 встановити два кільця поршневих 26 та два кільця поршневих 29	0,42·4				
Запресувати дві заглушки 15 в поршневий палець 16	0,26·2				
Запресувати поршневий палець 16 в поршень 17 із встановленням шатуна 2 із втулкою 28.	0,8	0,09	0,16	0,28	5,14
Встановити підшипник 39 в шатун 2	0,28				
Загвинтити гвинт 32 в шатун 2	0,55				
Загвинтити в шатун 2 розбризкувач 24.	0,55				
	4,61				
015 В циліндр 14 запресувати гільзу 13	0,44				
Зверху на циліндр 14 встановити прокладку 12 та коробку клапана 11	0,2				
На коробку клапана 11 встановити прокладку 10 та вкласти в паз коробки клапана один клапан 8 та покласти на отвори клапана 11 другий клапан 11	0,3	0,14	0,25	0,43	7,96
Зверху прокладки 10 встановити голівку 9 та закріпити все це чотирма гвинтами 33 до циліндра 14	6,2				
	7,14				
020 На щуп 3 вдягнути сітку 5, фільтр 6, другу сітку 5	0,3				
Встановити щуп в штуцер 4	0,1	0,014	0,03	0,04	0,8
Нагвинтити на штуцер 4 кришку 7	0,32				
	0,72				
025 В корпус 1 вставити шатун в зборі	1,2				

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

КР ТМ 201.002.002 ПЗ

Арк.

51

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
В корпус 1 встановити колінчастий вал 19 із встановленням на нього шатуна в зборі	3,5				
Закріпити кільцем 35 положення шатуна на колінчастому валу 19	0,46				
Встановити підшипник 37 на колінчастий вал 19	1,2				
Вдягнути прокладку 21 на кришку 25	0,1				
Встановити кришку 25 на корпус 1 та закріпити чотирма болтами 30	3,8				
Встановити манжету 36 в кришку 20	0,36				
Встановити підшипник 38 на колінчастий вал 19	1,2				
Вдягнути прокладку 21 на кришку 20	0,2				
Встановити кришку 20 на корпус 1 та закріпити чотирма болтами 30	5,3	0,55	0,96	1,65	30,66
Вдягнути прокладку 27 на циліндр в зборі	0,1				
Встановити циліндр в зборі на корпус 1 (з розміщенням поршня в циліндрі)	1,2				
Закріпити циліндр в зборі чотирма гвинтами 34	4,8				
Вручну перевірити легкість обертання колінчастого валу.	0,53				
Вкласти шпонку 43 в шпонковий паз кол. валу 19	1,0				
Встановити на колінчастий вал 19 шків 18	0,75				
Вдягнути на колінчастий вал 19 до упору шайбу 42	0,2				
Закріпити положення шківа за допомогою гайки 31	0,8				
Вдягнути прокладку 22 на пробку 23	0,1				

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
Вгвинтити пробку 23 в корпус 1	0,4				
Встановити шуп в зборі в корпус 1	0,3				
	27,5				
Усього	39,97	0,8	1,4	3,8	44,56

4.4 Визначення організаційних показників

Необхідна кількість стендів (верстаків) необхідних для складання річної програми випуску вакуум-насосів визначається наступним чином:

$$m = \frac{\sum t_i \cdot N_i + k \cdot \sum T_{пз}}{F_d}, \quad (4.2)$$

де t_i – час загального складання i -го виробу, $t_i=44,56$ хв (див. табл 4.1) ;

N_i – річна програма випуску виробів. ($N_1=100$ шт.).

k – кількість партій. $k=20(k=N_1/n=100/5=20)$.

$T_{пз}$ – підготовчо-заклучний час виробів, $T_{пз}=0,8$ хв(див. табл 4.1) .

F_d – дійсний річний фонд часу. $F_d=2040$ год.

$$m = \frac{44,56 \cdot 100 + 20 \cdot 0,8}{2040 \cdot 60} = 0,04, \text{ приймаємо } m=1.$$

Завантаженість складальних стендів:

$$\eta = \frac{m}{m_{пр}} \quad (4.3)$$

$$\eta = \frac{0,04}{1} = 0,04$$

Оскільки, завантаженість складального стенда невелика, то його необхідно дозавантажити іншими виробами.

5. Технологічний процес механічної обробки деталі

5.1 Вибір і проектування вихідної заготовки

Корпус виготовлено із сірого чавуну СЧ20 ГОСТ 1412-85, тобто деталь має гарні ливарні властивості. Вихідна заготовка виливок.

За формулою 1.6 визначимо орієнтовну масу заготовки:

$$M_B = M_D \cdot K_{T.M.}; \quad (5.1)$$

Де M_D – маса деталі, кг, $M_D = m = 4,648$ кг (див.п.1.4).

$K_{T.M.}$ – коефіцієнт збільшення маси; $K_{T.M.} = 1,2$

$$M_B = 4,648 \cdot 1,2 = 5,58 \text{ кг}$$

Тип виробництва – дрібносерійне виробництво

Вагова група - Іб

Група конструктивно-технологічної складності виливка - III

Враховуючи конструкцію деталі, тип виробництва, то лиття буде по газифікованим моделям в піщані форми.

Використовується один стрижень складної форми, який утворює внутрішню порожнину корпуса та отвори під ексцентриковий вал (отвори $\varnothing 72H7$ мм) та під поршень ($\varnothing 56H8$ мм), всі інші отвори (кріпильні, під масловказівник, під зливну пробку отримуються механічною обробкою.

Точність виливка визначаємо згідно ГОСТ 26645-85:

8 - клас розмірної точності [5, таблиця 9];

6 - ступінь жолоблення [5, таблиця 10];

11- ступінь точності поверхонь виливка [5, таблиця 11];;

7- клас точності виливка за масою [5, таблиця 13];

$R_a = 20$ мкм- шорсткість поверхонь виливка [5, таблиця 12];;

6- ряд припусків на обробку [5, таблиця 14];

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ			
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Петрикей С.О.			Технологічний процес механічної обробки деталі	Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Єрошенко А.М.					54	2
Реценз.						НУЧП		
Н. Контр.		Ігнатенко О.А.						
Затв.		Єрошенко А.М.						

Точність, яку необхідно вказати на кресленику виливка буде 8-6-11-7 ГОСТ 26645-85. Припуски та допуски на розміри виливка корпуса вакуум-насосу наведено в таблиці.

Таблиця 5.1 – Припуски та допуски на розміри виливка корпуса вакуум-насосу

Розмір деталі, мм	Допуск розміру виливка, мм	Співвідношення допусків розміру деталі і виливка	Допуск форми або розташування поверхні, мм		Співвідношення допусків форми або розташування деталі та виливка	Загальний допуск виливка, мм	Вид остаточної обробки	Загальний припуск на сторону, мм		Розрахунковий розмір виливка, мм	Прийнятний розмір виливка, мм
			Деталі, мм	Виливка, мм				Розрахований	Прийнятний		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ø56H8 (+0,046)	1,0	0,046	0,02	0,4	0,05	1,2	Чистова	2,0	2,0	Ø52 ^{+1,2}	Ø52 ^{+1,2}
155 _{-0,1}	1,2	0,83	0,03	0,5	0,06	1,6	Напівчист	2,2	2,0	157,2 _{-1,6}	158 _{-1,6}
10 _(-0,36)	0,64	0,56	-	-	-	0,64	чорнова	1,1	1,0	11,1 _{-0,64}	11 _{-0,64}
Ø72H7 (+0,03)	1,1	0,027	0,02	0,4	0,05	1,2	чистова	2,0	2,0	Ø68 ^{+1,2}	Ø68 ^{+1,2}
86 _{-0,2}	1,1	0,182	0,1	0,4	0,25	1,8	чорнова	1,7	2,0	89,4 _{-1,8}	90 _{-1,8}
Ø34	0,9	Не оброблюються								Ø34 _{-0,9}	Ø34 _{-0,9}
R12	0,7									R12 ^{+0,7}	R12 ^{+0,7}
R20	0,8									R20 _{-0,8}	R20 _{-0,8}
10	0,64									10 _{-0,64}	10 _{-0,64}
100	1,1									100 ^{+1,1}	100 ^{+1,1}
R50	1,0									R50 ^{+1,0}	R50 ^{+1,0}
92	1,1									92 _{-1,1}	92 _{-1,1}
77	1,1									77 ^{+1,1}	77 ^{+1,1}
130	1,2									130 _{-1,2}	130 _{-1,2}
82	1,1									82 _{-1,1}	82 _{-1,1}
28	0,9									28 ^{+0,9}	28 ^{+0,9}
82	1,1									82 _{-1,1}	82 _{-1,1}
120	1,2									120 _{-1,2}	120 _{-1,2}
98	1,1									98 _{-1,1}	98 _{-1,1}
R10	0,64									R10	R10
62	1,0									62 ^{+1,0}	62 ^{+1,0}
R14	0,7									R14 _{-0,7}	R14 _{-0,7}
16	0,7									16 _{-0,7}	16 _{-0,7}
15	0,7									15 _{-0,7}	15 _{-0,7}
150	1,2									150 _{-1,2}	150 _{-1,2}
96±0,05	1,1	Міжосьова відстань								96±0,55	96±0,55
20±0,05	0,8									20±0,4	20±0,4
43±0,05	1,0									43±0,5	43±0,5
16±0,1	0,7									17±0,35	17±0,35

На рисунку 5.1 зображено виливок корпуса вакуум-насоса, який виготовляється по газифікованим моделям.

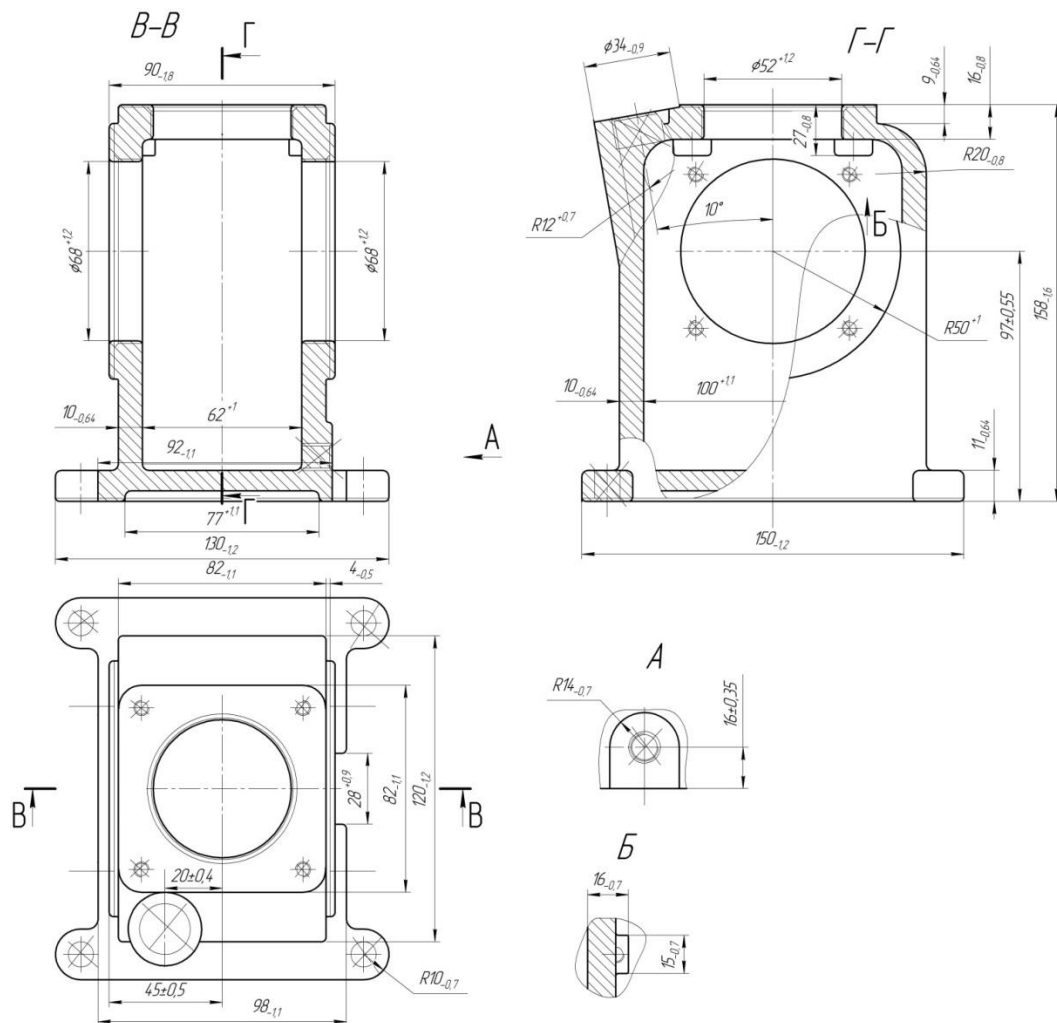


Рисунок 5.1 – Виливок корпусу вакуум-насоса

5.2 Розробка технологічного маршруту механічної обробки деталі

5.2.1 Виявлення основних розмірних зв'язків поверхонь деталі

На рисунку 5.2 наведено розмірні зв'язки корпусу вакуум-насосу.

5.2.2 Аналіз норм точності корпусу

1. Забезпечити точність отвору під ліву кришку $\varnothing 72H7$ мм з шорсткістю поверхні отвору Ra 1,6 мкм.
2. Забезпечити точність отвору під праву кришку $\varnothing 72H7$ мм з шорсткістю поверхні отвору Ra 1,6 мкм.
3. Забезпечити точність отвору під гільзу та точність його розташування витримує розміри: $\varnothing 58H8$ мм з шорсткістю поверхні отвору Ra 1,6 мкм.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

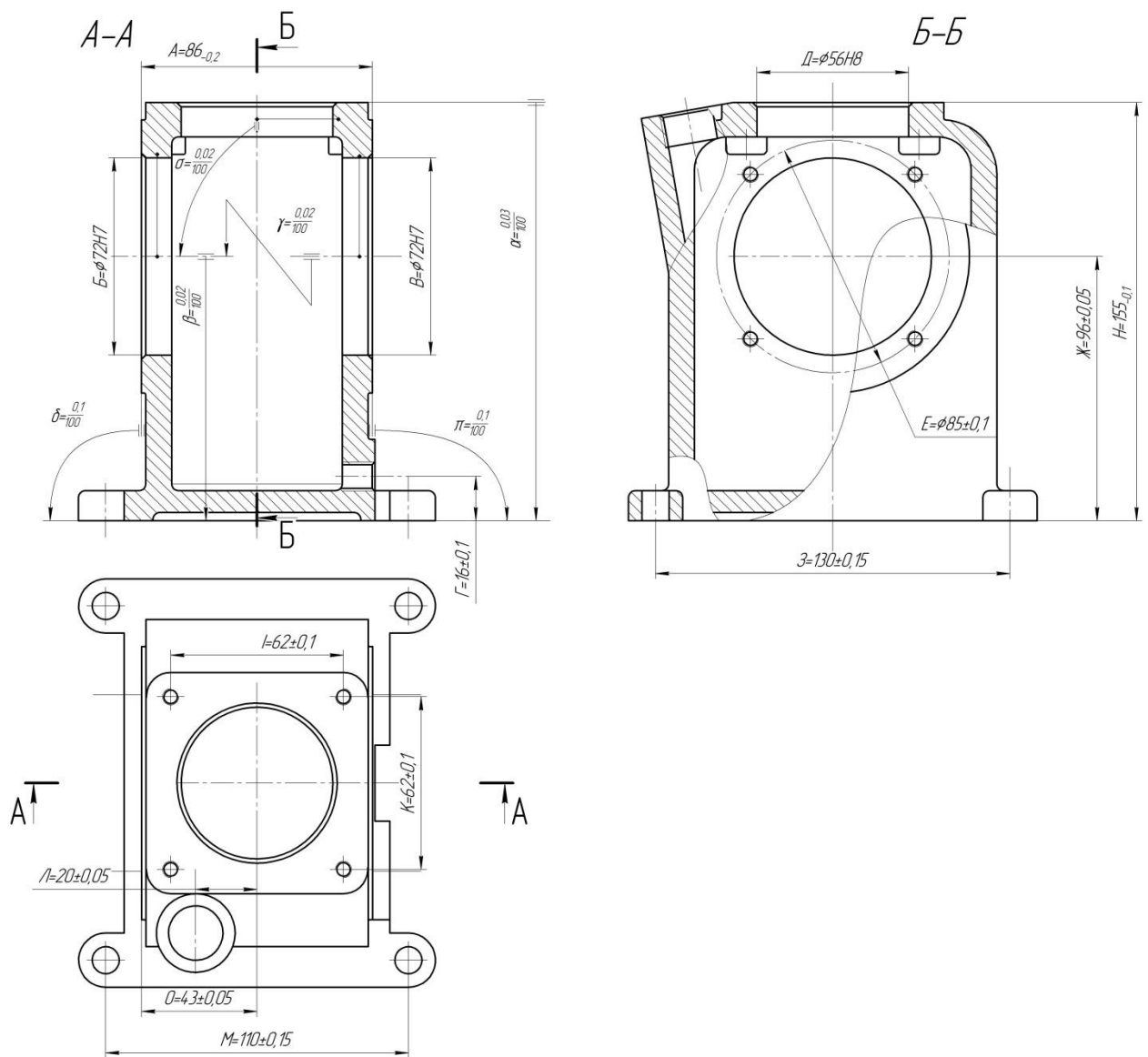


Рисунок 5.2 – Розмірні зв'язки корпусу, які необхідно вирішити під час механічної обробки корпусу вакуум-насосу

4. Забезпечити точність розміру $96 \pm 0,05$ мм від вісі отвору під ліву кришку $\varnothing 72H7$ мм до установчої бази, паралельність відносно установчої бази в межах допуску $0,02$ мм.
5. Забезпечити точність розміру $96 \pm 0,05$ мм від вісі отвору під праву кришку $\varnothing 72H7$ мм до установчої бази, співвісність отвору відносно лівого отвору $\varnothing 72H7$ мм в межах допуску $0,02$ мм.
6. Забезпечити перпендикулярність отвору $\varnothing 58H8$ мм відносно отвору лівої кришки $\varnothing 72H7$ мм в межах допуску $0,02$ мм.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.
-----	------	----------	--------	------

7. Забезпечити точність розміру $86_{-0,2}$ мм, перпендикулярність обох торців відносно установчої бази в межах допуску 0,1 мм, площинність 0,02/100 мм та шорсткість торців Ra 2,5 мкм.
8. Забезпечити точність розміру $155_{-0,1}$ мм, паралельність відносно установчої бази в межах допуску 0,03 мм та шорсткість поверхні Ra 2,5 мкм.
9. Забезпечити точність розміру $16\pm 0,1$ мм (розташування зливного отвору)
10. Забезпечити точність розміру $20\pm 0,05$ мм (розташування отвору під масло вказівник)
11. Забезпечити точність розташування отворів М8 мм витримуючи розмір $\varnothing 85\pm 0,1$ мм
12. Забезпечити точність розташування отворів під кріплення вакуум-насосу витримуючи: розміри $110\pm 0,15$ мм, $130\pm 0,15$ мм.
13. Забезпечити точність розташування отворів під кріплення циліндра витримуючи: розміри $62\pm 0,1$ мм та $62\pm 0,1$ мм.
14. Забезпечити точність розташування отвору $\varnothing 58H8$ мм відносно зовнішнього контуру корпусу витримуючи розмір $43\pm 0,05$ мм.

Недотримання співвісності двох отворів $\varnothing 72H7$ мм та при недотриманні перпендикулярності отвору $\varnothing 58H8$ мм відносно отвору під кришку наскрізну $\varnothing 72H9$ мм вплине на плавність ходу поршня 17, тобто дані параметри безпосередньо вплинуть на замикаючі ланки А та β (див. рисунок 2.1).

Недотримання перпендикулярності торців під кришки вплине на правильність встановлення кришок, а саме торець під наскрізну кришку вплине на розмірний ланцюг α, торець під глуху кришку вплине на правильність роботи підшипника кочення (див. рисунок 2.3, б).

Недотримання паралельності торця під циліндр відносно отвору кришки вплине на правильність розташування циліндр, а отже і отвору гільзи, що вплине на плавність переміщення поршня.

Недотримання точності розташування кріпильних отворів призведе до ускладнення приєднання деталей (наскрізної та глухої кришки, циліндра) до корпусу.

5.2.3 Основні технологічні задачі

I. Забезпечити точність, якість і потрібну точність відносного розташування оброблюваних поверхонь:

1. Забезпечити точність отвору під ліву кришку $\varnothing 72H7$ мм з шорсткістю поверхні отвору Ra 1,6 мкм.
2. Забезпечити точність отвору під праву кришку $\varnothing 72H7$ мм з шорсткістю поверхні отвору Ra 1,6 мкм.
3. Забезпечити точність отвору під гільзу та точність його розташування витримує розміри: $\varnothing 58H8$ мм з шорсткістю поверхні отвору Ra 1,6 мкм.
4. Забезпечити точність розміру $96 \pm 0,05$ мм від вісі отвору під ліву кришку $\varnothing 72H7$ мм до установчої бази, паралельність відносно установчої бази в межах допуску 0,02 мм.
5. Забезпечити точність розміру $96 \pm 0,05$ мм від вісі отвору під праву кришку $\varnothing 72H7$ мм до установчої бази, співвісність отвору відносно лівого отвору $\varnothing 72H7$ мм в межах допуску 0,02 мм.
6. Забезпечити перпендикулярність отвору $\varnothing 58H8$ мм відносно отвору лівої кришки $\varnothing 72H7$ мм в межах допуску 0,02 мм.
7. Забезпечити точність розміру $86_{-0,2}$ мм, перпендикулярність обох торців відносно установчої бази в межах допуску 0,1 мм, площинність 0,02/100 мм та шорсткість торців Ra 2,5 мкм.

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		59

8. Забезпечити точність розміру $155_{-0,1}$ мм, паралельність відносно установчої бази в межах допуску 0,03 мм та шорсткість поверхні Ra 2,5 мкм.
 9. Забезпечити точність розміру $16\pm 0,1$ мм (розташування зливного отвору)
 10. Забезпечити точність розміру $20\pm 0,05$ мм (розташування отвору під масло вказівник)
 11. Забезпечити точність розташування отворів М8 мм витримуючи розмір $\varnothing 85\pm 0,1$ мм
 12. Забезпечити точність розташування отворів під кріплення вакуум-насосу витримуючи: розміри $110\pm 0,15$ мм, $130\pm 0,15$ мм.
 13. Забезпечити точність розташування отворів під кріплення циліндра витримуючи: розміри $62\pm 0,1$ мм та $62\pm 0,1$ мм.
- II. Забезпечити точність відносного розташування оброблюваних поверхонь відносно поверхонь, які не обробляються:
14. Забезпечити точність розташування отвору $\varnothing 58H8$ мм відносно зовнішнього контуру корпусу витримуючи розмір $43\pm 0,05$ мм.

5.2.4 Вибір методів і кількості переходів обробки поверхонь

На визначені задачі вибираємо методи обробки, які зазначені в таблиці 5.2 (сірим виділено кінцевий варіант).

Таблиця 5.2 – Методи і кількість переходів обробки поверхонь

Номер задачі	Параметри	Значення параметрів	Можливі методи і кількість переходів обробки (варіанти)		
			1	2	3
1	2	3	4	5	6
1,4	Точність розмірів	$\varnothing 72H7$ мм, $96\pm 0,05$ мм	Розточування чорнове Розточування чистове Розточування тонке	Розточування чорнове Щліфування попереднє Шліфування чистове	Розточування чорнове Протягування
	Паралельність	0,02 мм			
	Шорсткість	Ra 1,6			
2, 5	Точність розмірів	$\varnothing 72H7$ мм, $96\pm 0,05$ мм	Розточування чорнове Розточування чистове Розточування тонке	Розточування чорнове Щліфування попереднє Шліфування чистове	Розточування чорнове Протягування
	Співвісність	0,02 мм			
	Шорсткість	Ra 1,6			

Продовження таблиці 5.2

3, 6, 14	Точність розмірів	Ø58H8 мм, 43±0,05 мм	Розточування чорнове	Розточування чорнове	Розточування чорнове
	Перпендикулярність	0,02 мм	Розточування чистове	Шліфування попереднє	Зенкерування
	Шорсткість	Ra 1,6	Розточування тонке	Шліфування чистове	
7	Точність розмірів	86 _{-0,2} мм,	Фрезерування чорнове	Стругання чорнове	Фрезерування чорнове
	Перпендикулярність	0,1 мм	Фрезерування чистове	Стругання чистове	Шліф.попер.
	Площинність	0,1/100 мм			Шліфування чистове
	Шорсткість	Ra 2,5			
8	Точність розмірів	155 _{-0,1} мм,	Фрезерування чорнове	Стругання чорнове	Фрезерування чорнове
	Паралельність	0,1 мм	Фрезерування чистове	Стругання чистове	Шліф.попер
	Шорсткість	Ra 2,5			Шліфування чистове
9	Точність розміру	16±0,1 мм	Свердління Нарізання різі	Свердління Розсвердлювання Нарізання різі	Свердління Зенкерування Нарізання різі
10	Точність розміру	20±0,05 мм	Свердління Нарізання різі	Свердління Розсвердлювання Нарізання різі	Свердління Зенкерування Нарізання різі
12	Точність розміру	110±0,15 мм,	Свердління Нарізання різі	Свердління Розсвердлювання Нарізання різі	Свердління Зенкерування Нарізання різі
		130±0,15 мм.			
11	Точність розміру	Ø85±0,1 мм.	Свердління Нарізання різі	Свердління Розсвердлювання Нарізання різі	Свердління Зенкерування Нарізання різі
13	Точність розміру	62±0,1 мм	Свердління Нарізання різі	Свердління Розсвердлювання Нарізання різі	Свердління Зенкерування Нарізання різі

5.2.5 Вибір технологічних баз

Розглянемо вирішення задачі 6, яка вирішується при обробці отвору Ø56H8 мм, при цьому необхідно витримати перпендикулярність (T=0,02 мм) вісі отвору відносно отвору Ø72H7 мм. Також при обробці отвору Ø56H8 мм буде вирішена задача 14 (точність розміру 43±0,05 мм).

Перший варіант базування (рисунок 5.3):

Похибка базування буде :

$$L_{\Delta} = \omega_{\text{роз.чист}}^1 = 0,03 \text{ мм [3]}$$

$$T=0,1 \text{ мм}$$

$$\alpha_{\Delta} = \omega_{\text{роз.чист}}^1 = 0,05/300 = 0,0023/14 \text{ мм [5]}$$

$$T=0,02 \text{ мм}$$

Другий варіант базування (рисунок 5.4):

$$L_{\Delta} = L_1 + L_2$$

$$L_1 = \omega_{\text{роз.чист}}^2 = 0,03 \text{ мм [3]}$$

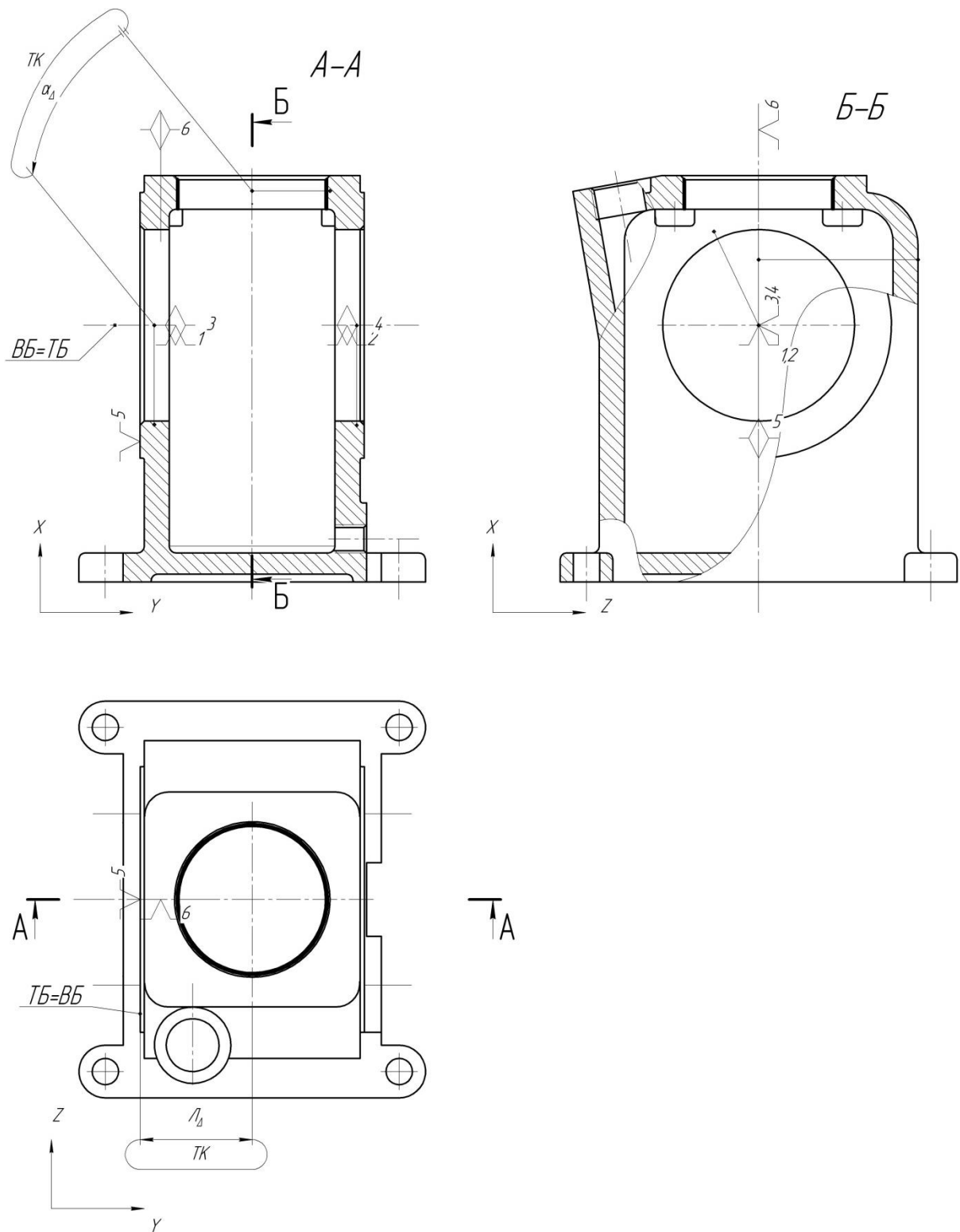


Рисунок 5.3 –Перший варіант базування корпусу при обробці отвору

$L_2 = M_{\Delta} = \omega_{\text{фрез.чист}}^2 = 0,025 \text{ мм}$ отримується на попередній операції (рисунок 5.5) [3]

$$L_{\Delta} = L_1 + L_2 = 0,03 + 0,025 = 0,055 \text{ мм}$$

$$T=0,1 \text{ мм}$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

$$\alpha_{\Delta} = \alpha_1 + \alpha_2$$

$$\alpha_2 = \omega_{\text{розт.чист.}}^2 = 0,05/300 = 0,0023/14 \text{ мм [5]}$$

$$\alpha_1 = \beta_{\Delta} = \omega_{\text{розт.тонк}}^2 = 0,04/300 = 0,0016/12 \text{ мм [5] (рисунок 3.6)}$$

$$\alpha_{\Delta} = \alpha_1 + \alpha_2 = \frac{0,0023}{14} + \frac{0,0016}{12} = \frac{0,0023}{14} + \frac{0,0019}{14} = \frac{0,0042}{14} \text{ мм} \quad T=0,02 \text{ мм}$$

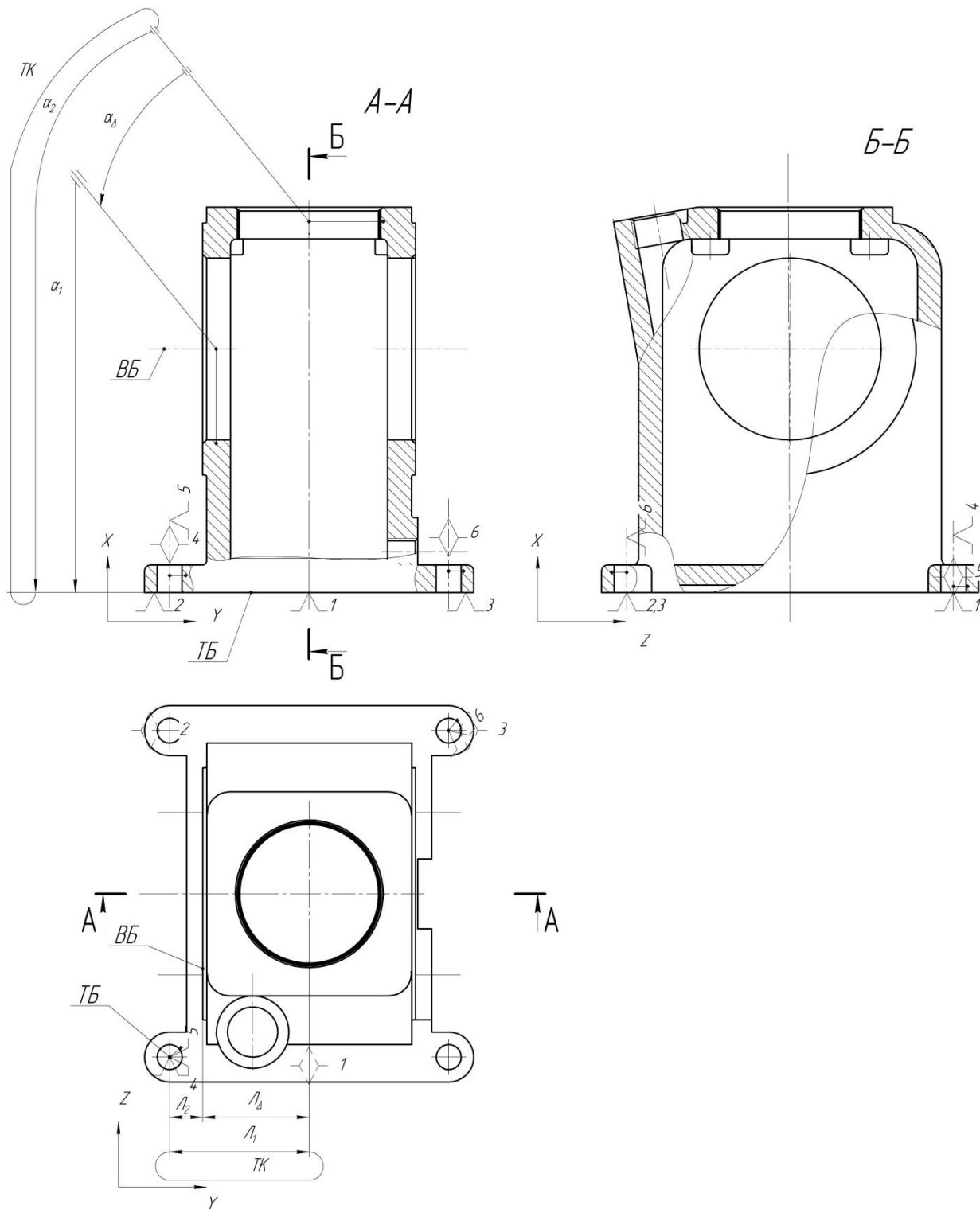


Рисунок 5.4 – Другий варіант базування корпусу при обробці отвору

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

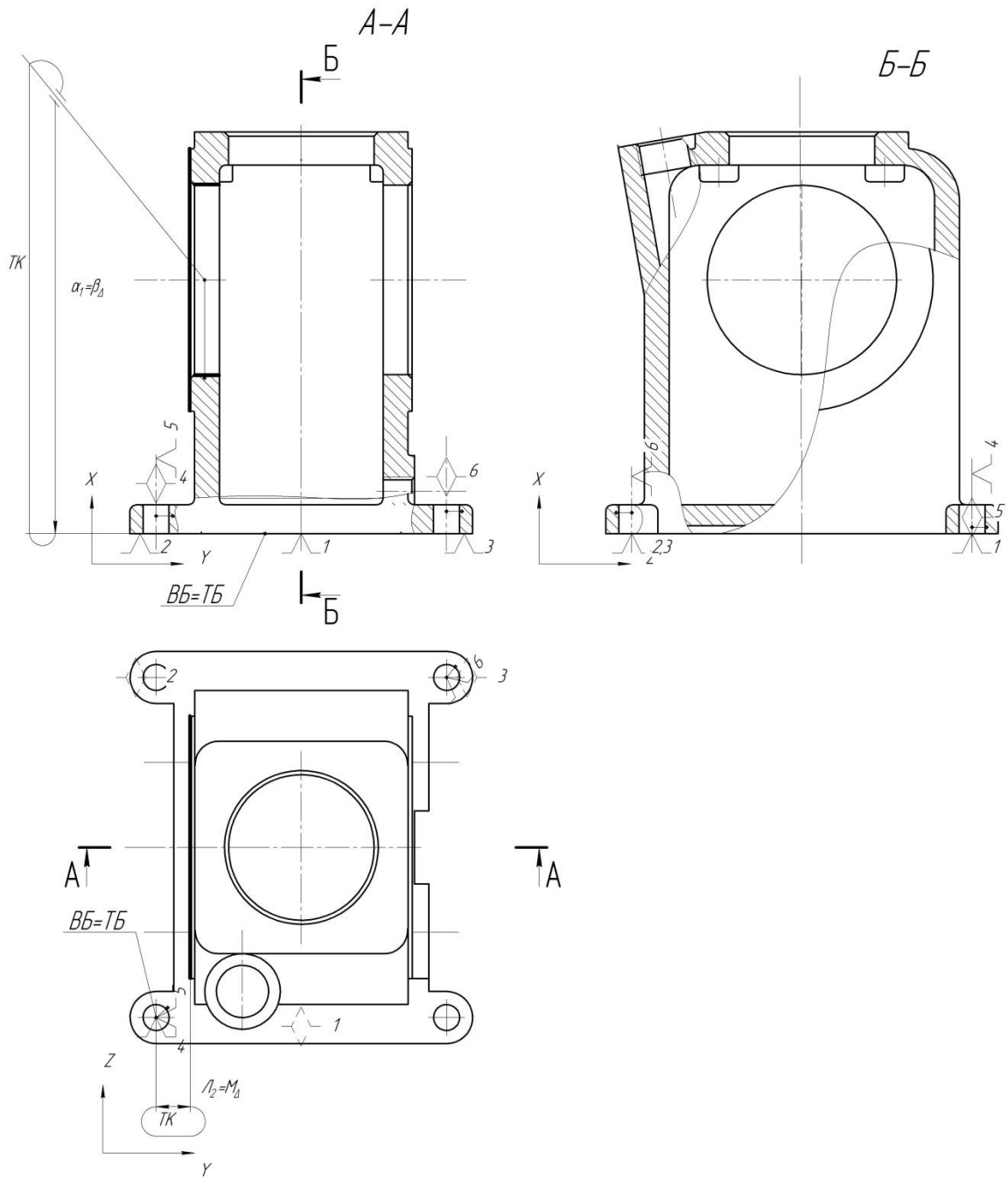


Рисунок 5.5 – Базування корпуса на попередній операції

Таблиця 5.3 – Значення параметрів точності при різних варіантах базування

Параметр точності	Варіант базування	
	1	2
Л (T=0,1 мм)	0,03	0,055
α (T=0,02)	0,0023/14	0,0042/14

За результатами розрахунків видно, що обидва варіанти базування забезпечують необхідну точність, однак, обираємо другий варіант базування оскільки він має простішу реалізацію та за рахунок такої схеми базування можна провести обробку більшості поверхонь деталі за один установ.

Розглянемо задачу 5, яка вирішується при обробці отвору $\text{Ø}72\text{H}7$ мм, при цьому необхідно витримати співвісність ($T=0,02$ мм) вісі отвору відносно вісі другого отвору $\text{Ø}72\text{H}7$ мм.

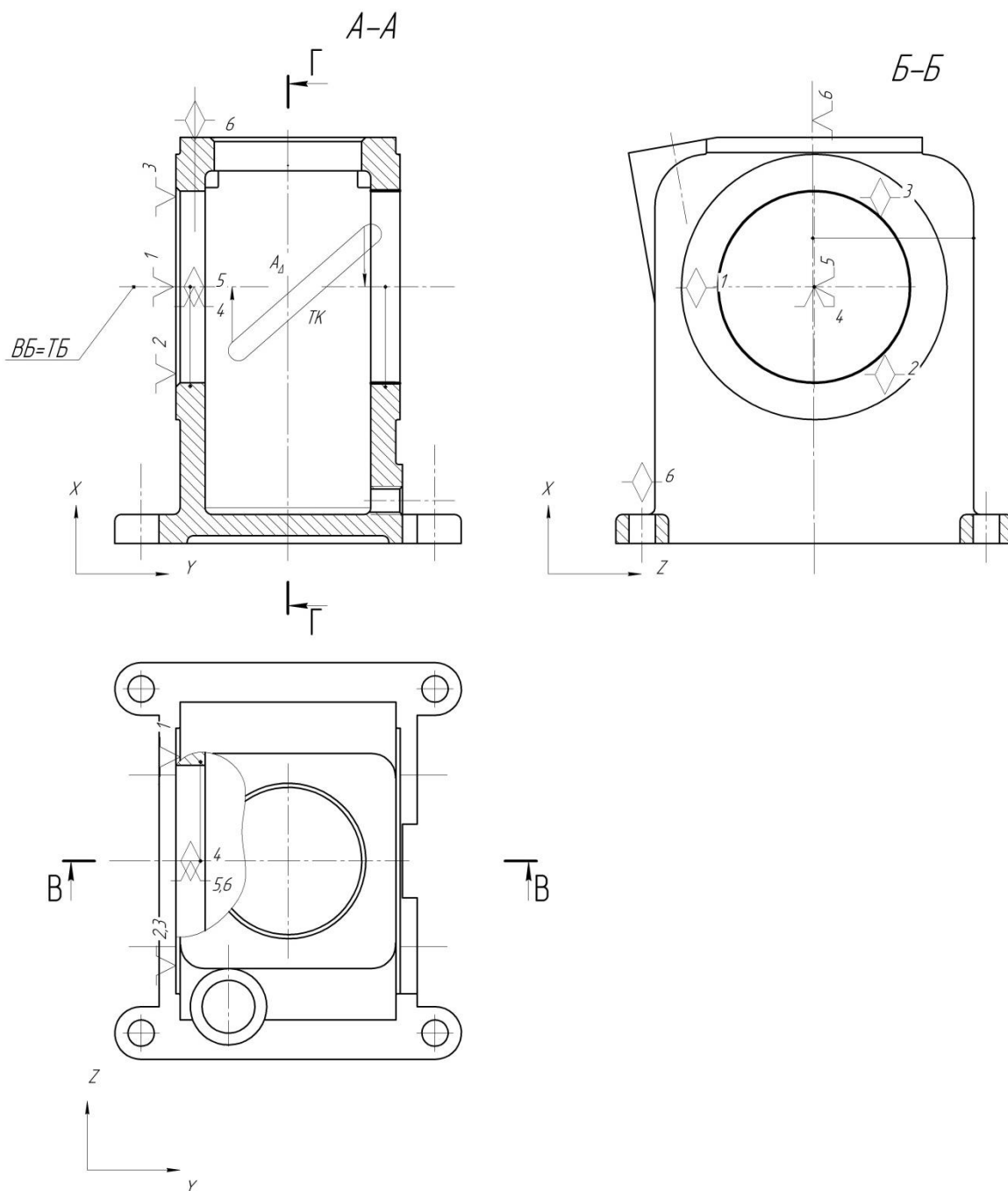


Рисунок 5.6 – Перший варіант базування при обробці отвору $\text{Ø}72\text{H}7$ мм

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

Перший варіант базування (рисунок 5.6):

Похибка базування:

$$A_{\Delta} = \omega_{\text{роз.тонк}}^1 = 0,05/300 = 0,002/12 \text{ мм [5]}$$

$$T = 0,02 \text{ мм}$$

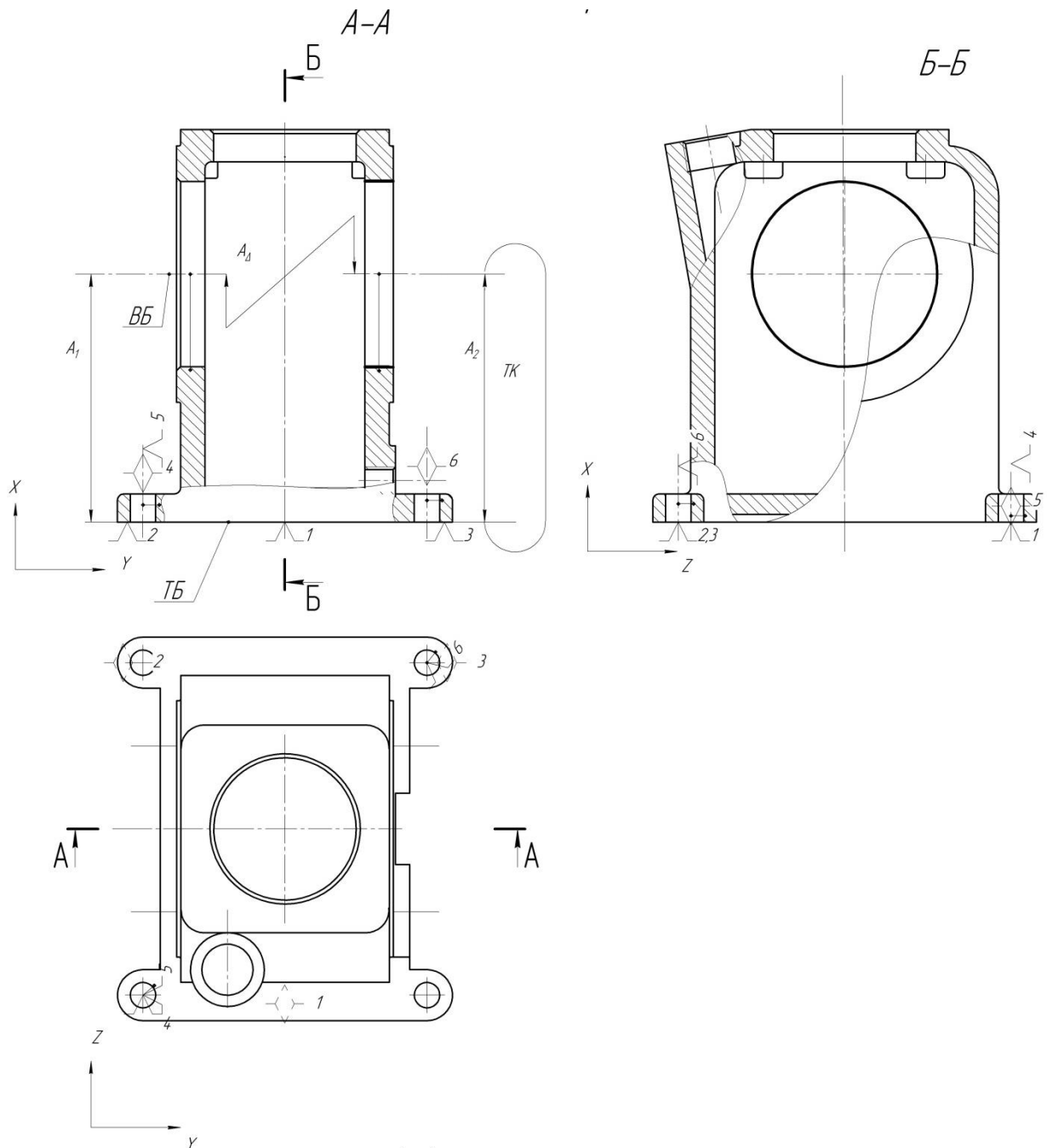


Рисунок 5.7 – Другий варіант базування при обробці отвору $\varnothing 72H7$ мм

Другий варіант базування (рисунок 5.7):

$$A_{\Delta} = A_1 + A_2$$

$$A_2 = \omega_{\text{розт.тонк.}}^2 = 0,05/300 = 0,002/12 \text{ мм [5]}$$

$$A_1 = B_{\Delta} = \omega_{\text{розт.тонк.}}^2 = 0,04/300 = 0,0016/12 \text{ мм [5] (рисунок 5.8)}$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

$$A_{\Delta} = A_1 + A_2 = \frac{0,002}{12} + \frac{0,0016}{12} = \frac{0,0036}{12} \text{ мм}$$

T=0,02 мм

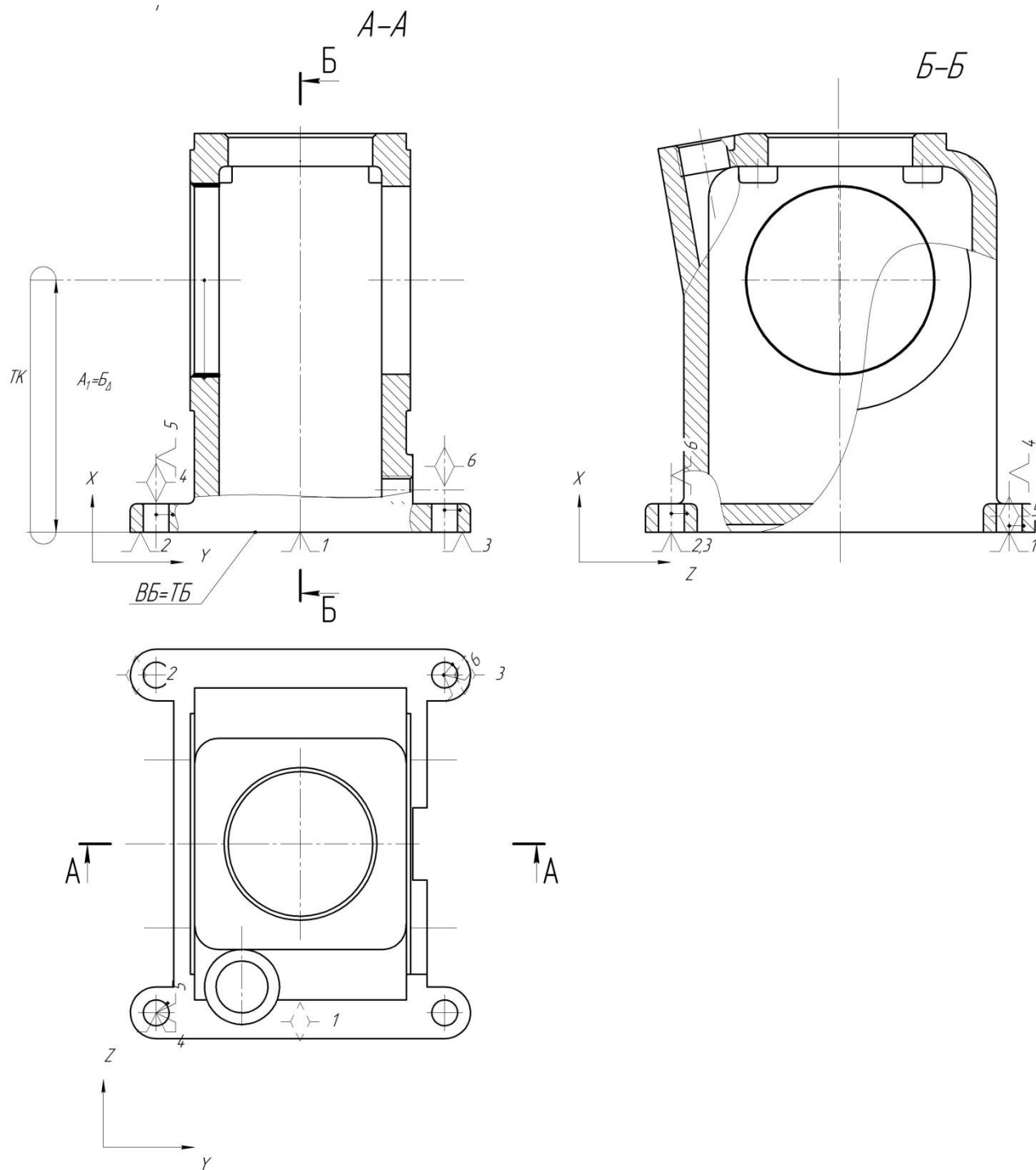


Рисунок 5.8 – Похибка, яка виникає на попередній операції

Таблиця 5.4 Значення параметрів точності при різних варіантах базування

Параметр точності	Варіант базування	
	1	2
A (T=0,02)	0,002	0,0036

За результатами розрахунків видно, що обидва варіанти базування забезпечують необхідну точність, однак, обираємо другий варіант базування оскільки він має простішу реалізацію та за рахунок такої схеми базування можна провести обробку більшості поверхонь деталі за один установ.

5.2.6 Вибір послідовності обробки поверхонь

1. Підготовка чистових баз (обробка установчої бази та кріпильних отворів)
2. Фрезерування торців під кришки та циліндр.
3. Обробка отворів під кришки та отвору під циліндр.
4. Центрування всіх кріпильних отворів, отвору під масло вказівник та зливну пробку.
5. Обробка отвору під масло вказівник (крім різенарізання).
6. Обробка отвору під зливну пробку та інших кріпильних отворів (крім різенарізання).
7. Нарізати різь в отворі під масло вказівник
8. Нарізати різь в отворі під зливну пробку та інших кріпильних отворах.

5.2.7 Розробка структури маршруту обробки

Обробка корпусу вакуум-насоса буде проводитися на фрезерному п'яти осьовому верстаті (обробному центрі), що дозволить зменшити кількість операцій до двох та забезпечити задану точність деталі.

На першій операції буде підготовлено чистові бази від яких буде далі проводитися обробка корпусу вакуум-насосу на верстаті.

Операція 005. Програмно-комбінована

Мета: підготовка чистових баз (фрезерування установчої бази, обробка чотирьох отворів під болти, два отвори із точністю $\varnothing 10H9$ мм, а два (діагонально розташовані один відносно одного) із точністю $\varnothing 10H7$ мм) .

Зміст операції:

- Фрезерувати начорно основну установчу базу витримуючи розміри розмір 10,2h14 мм, та шорсткість Ra 8,0 мкм.

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		68

- Фрезерувати напівчисто основну установчу базу витримуючи розміри розмір 10h14 мм, та шорсткість Ra 6,3 мкм.
- Центрувати чотири отвори витримуючи розміри $\varnothing 3$ мм, 3 мм, 110 \pm 0,15 мм, 130 \pm 0,15 мм, 10 мм.
- Свердлити чотири отвори витримуючи розміри $\varnothing 10$ мм, 110 \pm 0,15 мм, 130 \pm 0,15 мм, 10 мм.
- Розгорнути два отвори витримуючи розміри $\varnothing 10H7$ мм, 110 \pm 0,15 мм, 130 \pm 0,15 мм, 10 мм.

На рисунку 4.8 зображено схему базування корпусу вакуум-насосу на операції 005.

Обґрунтування засобів досягнення поставленої мети операції: точність розміру 10h14 мм забезпечується фрезеруванням, точність розташування кріпильних отворів забезпечується за рахунок самоцентрівного пристрою.

Необхідність виконання операції: підготовка чистових баз, від яких проводиться подальша обробка корпусу.

Обладнання: Верстат фрезерний п'яти осьовий HAAS UMC-500 [7]

Пристрій: спеціальний зібраний із УЗП.

Інструмент:

- фреза кінцева 490-025A25-08L, $\varnothing 25$ мм, кількість пластин – 2 шт., пластина 490R-08T308M-KH 1020

- фреза кінцева 490-025A20-08M, $\varnothing 25$ мм, кількість пластин – 3 шт., пластина 490R-08T304M-PL 4330

- Центрувальне свердло $\varnothing 3$ мм, матеріал P6M5.
- Свердло спіральне 460.1-1000-030A0-XM GC34 $\varnothing 10H9$ мм.
- Розгортка 435.B-1000-A1-XF H10F, $\varnothing 10$ мм.

Контроль: контактний щуп Zeiss 626115-0500-075 [8].

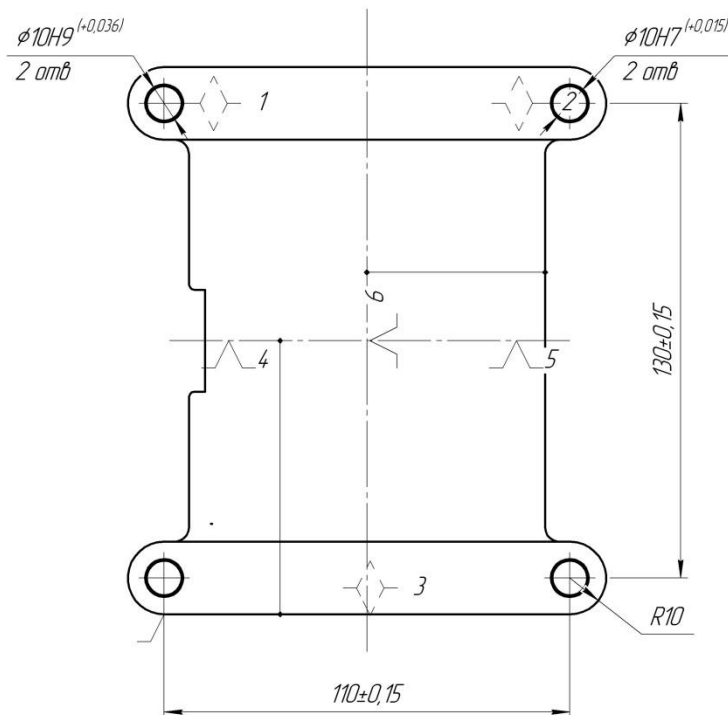
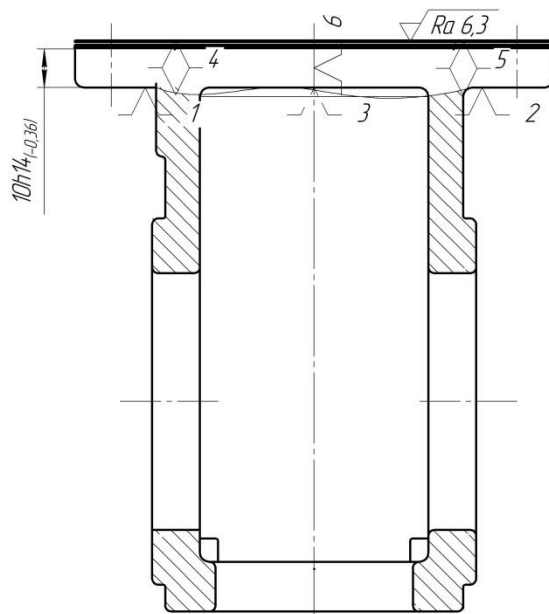


Рисунок 5.9 – Схема базування корпусу на операції 005

Операція 010. Програмно-комбінована

Мета: обробка торців та отворів під кришки, обробка отвору та торця під циліндр, обробка кріпильних отворів, отвору під масло вказівник та під зливну пробку.

Зміст операції:

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

- Фрезерувати начорно поверхню під кришку ліву витримуючи розміри 88,4h14мм та шорсткість Ra 8,0 мкм.,
- Фрезерувати начорно поверхню під кришку праву витримуючи розміри 86,8h14мм та шорсткість Ra 8,0 мкм.
- Фрезерувати паз та торець біля зливної пробки витримуючи розміри 28 мм, 92 мм та шорсткість Ra 8,0 мкм.
- Фрезерувати начорно поверхню під циліндр витримуючи розміри 155,4h14мм та шорсткість Ra 8,0 мкм.
- Фрезерувати начорно поверхню під масло вказівник витримуючи розміри 155,4h14мм, 10° та шорсткість Ra 8,0 мкм.
- Фрезерувати начисто поверхню під кришку ліву витримуючи розміри 86,4h12мм, перпендикулярність відносно установчої бази 0,1 мм, площинність 0,02/100 мм та шорсткість Ra 2,5 мкм.,
- Фрезерувати начисто поверхню під кришку праву витримуючи розміри 86_{-0,2} мм, перпендикулярність відносно установчої бази 0,1 мм, площинність 0,02/100 мм та шорсткість Ra 2,5 мкм.
- Фрезерувати начисто поверхню під циліндр витримуючи розміри 155_{-0,1} мм, паралельність відносно установчої бази 0,1 мм та шорсткість Ra 2,5 мкм.
- Фрезерувати начисто поверхню під масло вказівник витримуючи розміри 155_{-0,1} мм, 10° та шорсткість Ra 2,5 мкм.
- Розточити начорно отвір під праву кришку витримуючи розміри Ø70,8H12 мм, 96±0,05 мм та шорсткість Ra 8,0 мкм.
- Розточити начорно отвір під ліву кришку витримуючи розміри Ø70,8H12 мм, 96±0,05 мм та шорсткість Ra 8,0 мкм.
- Розточити начорно отвір під циліндр витримуючи розміри Ø54,8H12 мм, 43±0,05 мм та шорсткість Ra 8,0 мкм.
- Розточити начисто отвір під ліву кришку витримуючи розміри Ø71,6H9 мм, 96±0,05 мм та шорсткість Ra 2,5 мкм.

- Розточити начисто отвір під праву кришку витримуючи розміри $\text{Ø}71,6\text{H}9$ мм, $96\pm 0,05$ мм та шорсткість Ra 2,5 мкм.
- Розточити начисто отвір під циліндр витримуючи розміри $\text{Ø}55,6\text{H}9$ мм, $43\pm 0,05$ мм та шорсткість Ra 2,5 мкм.
- Розточити тонко отвір під ліву кришку витримуючи розміри $\text{Ø}72\text{H}7$ мм, $96\pm 0,05$ мм, паралельність відносно установчої бази 0,02 мм та шорсткість Ra 1,6 мкм.
- Розточити тонко отвір під праву кришку витримуючи розміри $\text{Ø}72\text{H}7$ мм, співвісність відносно лівого отвору 0,02 мм, $96\pm 0,05$ мм та шорсткість Ra 1,6 мкм.
- Розточити тонко отвір під циліндр витримуючи розміри $\text{Ø}56\text{H}8$ мм, $43\pm 0,05$ мм та шорсткість Ra 1,6 мкм.
- Зенкувати фаску в отворі під ліву кришку витримуючи розміри $1,6\times 45^\circ$, $96\pm 0,05$ мм.
- Зенкувати фаску в отворі під праву кришку витримуючи розміри $1,6\times 45^\circ$, $96\pm 0,05$ мм.
- Зенкувати фаску в отворі під циліндр витримуючи розміри $1,6\times 45^\circ$, $43\pm 0,05$ мм.
- Центрувати отвори витримуючи розміри: $\text{Ø}3$ мм, 3 мм:
 Під масло вказівник - $20\pm 0,05$, 10°
 Під кріплення лівої кришки – $\text{Ø}85\pm 0,1$ мм , $96\pm 0,05$ мм.
 Під кріплення правої кришки – $\text{Ø}85\pm 0,1$ мм , $96\pm 0,05$ мм.
 Під кріплення циліндра – $62\pm 0,1$ мм, $62\pm 0,1$ мм, 10мм, 10мм.
 Під зливну пробку - $16\pm 0,1$ мм.
- Свердлити отвір під масло вказівник витримуючи розміри $20\pm 0,05$, 10°
- Свердлити отвір під зливну пробку витримуючи розміри $\text{Ø}10$ мм, $16\pm 0,1$ мм.
- Свердлити чотири отвори під кріплення лівої кришки витримуючи розміри $\text{Ø}8$ мм, $\text{Ø}85\pm 0,1$ мм, $96\pm 0,05$ мм.

- Свердлими чотири отвори під кріплення правої кришки витримуючи розміри $\varnothing 8$ мм, $\varnothing 85 \pm 0,1$ мм, $96 \pm 0,05$ мм.

- Свердлими чотири отвори під кріплення циліндра витримуючи розміри $\varnothing 8$ мм, $62 \pm 0,1$ мм, $62 \pm 0,1$ мм, 10мм, 10мм.

- Зенкувати фаску в отворі під масло вказівник 1×45 , $20 \pm 0,05$, 10°

- Зенкувати фаску в кріпильних отворах під кришки та циліндри та під зливну пробку витримуючи розміри 1×45 :

Під кріплення лівої кришки – $\varnothing 85 \pm 0,1$ мм , $96 \pm 0,05$ мм.

Під кріплення правої кришки – $\varnothing 85 \pm 0,1$ мм , $96 \pm 0,05$ мм.

Під кріплення циліндра – $62 \pm 0,1$ мм, $62 \pm 0,1$ мм, 10мм, 10мм.

Під зливну пробку - $16 \pm 0,1$ мм.

- Нарізати різь в отворі під масло вказівник витримуючи розміри M20, $20 \pm 0,05$ мм, 10° , 12 мм.

- Нарізати різь в отворі під зливну пробку витримуючи розміри M12, $16 \pm 0,1$ мм.

- Нарізати різь в кріпильних отворах під кришки та циліндри та під зливну пробку витримуючи розміри M8:

Під кріплення лівої кришки – $\varnothing 85 \pm 0,1$ мм , $96 \pm 0,05$ мм.

Під кріплення правої кришки – $\varnothing 85 \pm 0,1$ мм , $96 \pm 0,05$ мм.

Під кріплення циліндра – $62 \pm 0,1$ мм, $62 \pm 0,1$ мм, 10мм, 10мм.

Під зливну пробку - $16 \pm 0,1$ мм.

На рисунку 5.10 зображено схему базування корпусу вакуум-насосу на операції 010.

Обґрунтування засобів досягнення поставленої мети операції: за рахунок базування.

Необхідність виконання операції: забезпечення точності розмірів корпусу вакуум-насосу.

Обладнання: Верстат фрезерний п'яти осьовий HAAS UMC-500 [7].

Пристрій: спеціальний зібраний із УЗП.

Інструмент:

- фреза кінцева 490-020A20-08L, Ø20 мм, кількість пластин – 2 шт., пластина 490R-08T308M-KH 1020
- фреза кінцева 490-020A20-08L, Ø20 мм, кількість пластин – 2 шт., пластина 490R-08T304M-KL 1020.
- розточна голівка BR20-90CC12F-C5, відрегульована на діаметр обробки 70,8 мм, кількість пластин – 2 шт, пластина CCMT 12 04 08-KR 3205.
- розточна голівка BR20-71CC12F-C5, відрегульована на діаметр обробки 54,8 мм, кількість пластин – 2 шт, пластина CCMT 12 04 08-KR 3205.
- розточна голівка BR20-90CC12F-C5, відрегульована на діаметр обробки 71,6 мм, кількість пластин – 2 шт, пластина CCMT 12 04 04-KM 3210.
- розточна голівка BR20-71CC12F-C5, відрегульована на діаметр обробки 55,6 мм, кількість пластин – 2 шт, пластина CCMT 12 04 04-KM 3210.
- розточна голівка BR20-90CC12F-C5, відрегульована на діаметр обробки 72 мм, кількість пластин – 2 шт, пластина CCMT 12 04 04-KF H13A.
- розточна голівка BR20-71CC12F-C5, відрегульована на діаметр обробки 56 мм, кількість пластин – 2 шт, пластина CCMT 12 04 04-KF H13A.
- фасочна фреза 495-020A20-4509M, діаметром 25 мм, кількість пластин – 3 шт, пластина 490R-08T304M-KL 1020.
- Центрувальне свердло Ø3 мм, матеріал P6M5.
- свердло спіральне 460.1-1800-054A0-XM GC34, Ø18 мм
- свердло спіральне 460.1-1000-030A0-XM GC34 Ø10H9 мм.

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		74

- свердло спіральне 460.1-0700-024A0-ХМ GC34 Ø7Н9 мм.
- фасочна фреза 495-012A16-7509L, діаметром 16 мм
- Мітчик Т100-КМ101JA-M20 D115, M20.
- Мітчик Т100-КМ101JA-M12 D115, M12.
- Мітчик Т100-КМ101JA-M8 D115, M8.

Контроль: контактний щуп Zeiss 626115-0500-075 [8].

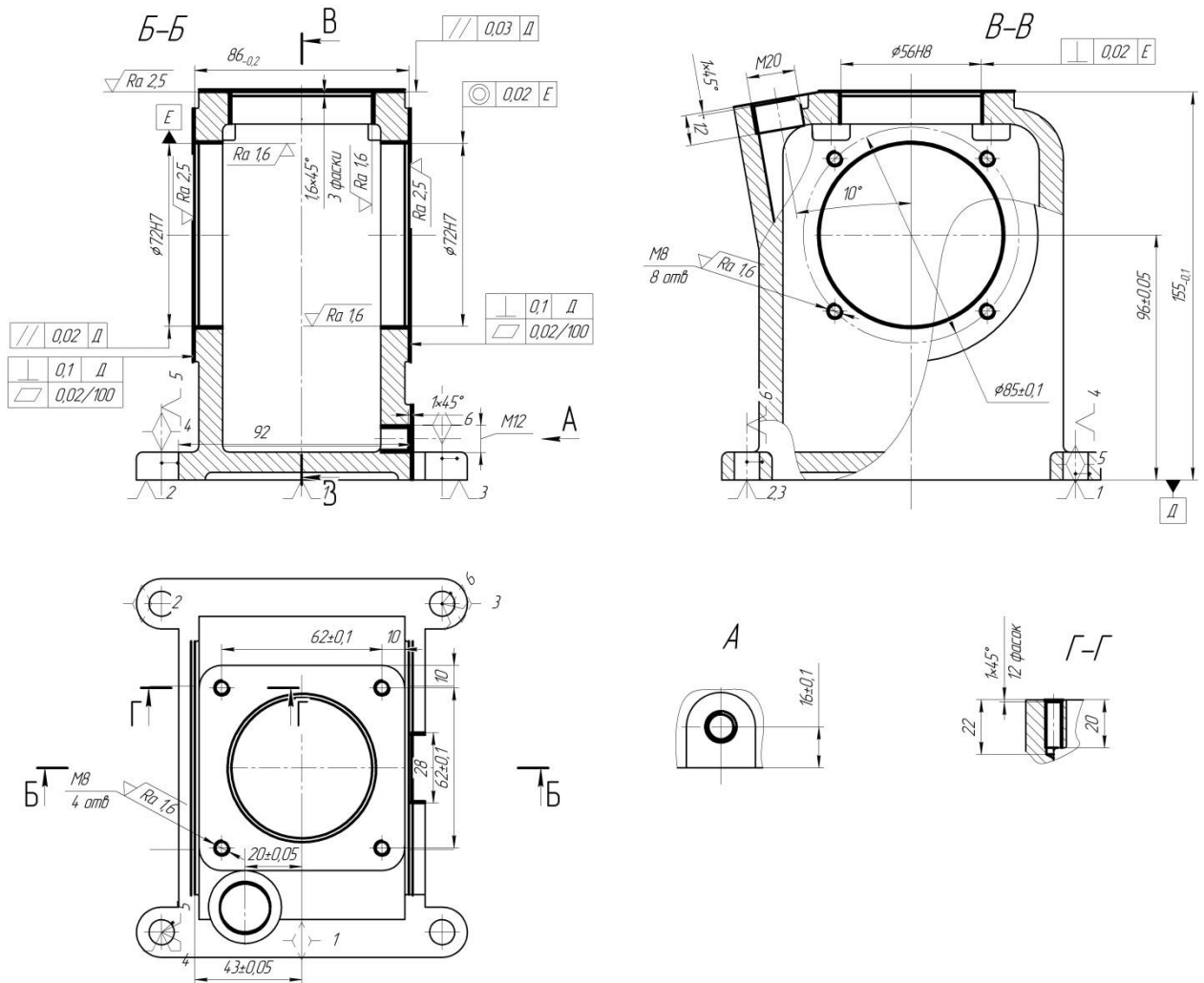


Рисунок 5.10 – Схема базування корпусу на операції 010

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.
-----	------	----------	--------	------

6. Технологічне оснащення процесів

6.1 Технологічне оснащення операцій механічної обробки корпусу

Обробка корпусу вакуум-насосу на двох операціях проводиться на верстаті фрезерному п'яти осьовому HAAS UMC-500. На даному верстаті проводиться комплексна обробка деталей та виконуються наступні види обробки: фрезерування, свердління, точіння, зенкування тощо [7]. Технічні характеристики верстату наведені в таблиці 6.1 .



Рисунок 6.1 - Верстат фрезерний п'яти осьовий HAAS UMC-500

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Пам'я</i>				
<i>Розроб.</i>		Петрикей С.О.			Технологічне оснащення процесів	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Єрошенко А.М.					76	2
<i>Реценз.</i>						<i>НУЧП</i>		
<i>Н. Контр.</i>		Ігнатенко О.А.						
<i>Затв.</i>		Єрошенко А.М.						

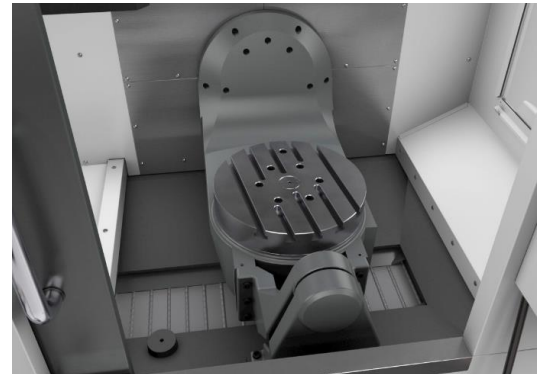


Рисунок 6.2 – Розоча зона верстату HAAS UMC-500

Таблиця 6.1 – Технічні характеристики верстату HAAS UMC-500 [7]

Параметри	Значення
Робочі переміщення, мм:	
По осі X	610
По осі Y	406
По осі Z	406
Відстань між поверхнею столу та торцем шпинделя, мм	102-508
Діаметр стола, мм	400
T-подібні пази, мм	16x5
Максимальне навантаження на стіл, кг	226
Обертання вісі C, град.	360
Гальмівний момент вісі B, Нм	1220
Гальмівний момент вісі C, Нм	1220
Конус шпинделя	40 ISO
Максимальна швидкість обертання шпинделя , об/хв	8000
Потужність шпинделя , кВт	22,4
Крутний момент шпинделя, об/хв	2000
Прискорене переміщення, м/хв	22,9
Максимальна швидкість подачі під час обробки, м/хв	16,5
Інструментний магазин, шт..	30+1
Максимальна вага інструменту, кг	5,4
Час зміни інструменту, сек	2,8

Контрольні операції виконуються за допомогою контактної щупи Zeiss 626115-0500-075 [8] (рисунок 6.3).

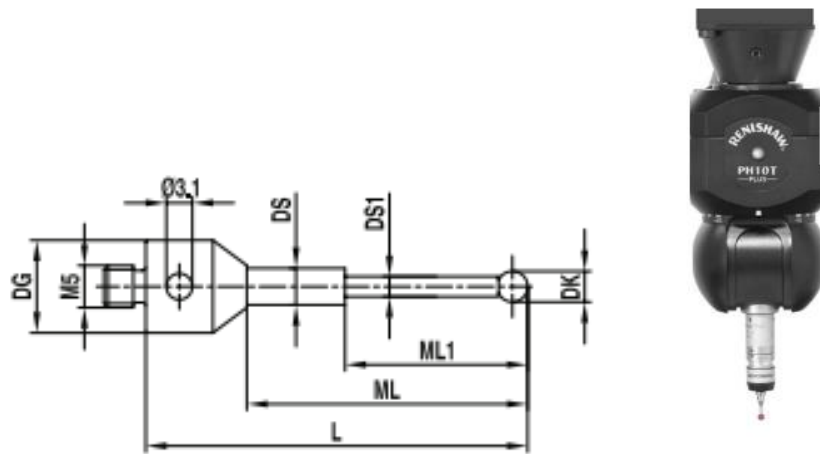


Рисунок 6.3 – Контактний щуп Zeiss 626115-0500-075

Заготовка на обох операціях закріплюється в універсально-збірних пристроях (УЗП). Система УЗП заснована на повній взаємозамінності елементів цих пристроїв. У комплект універсально-збірних пристроїв входять наступні вісім груп нормалізованих елементів [9] :

- Базові плити
- Установочні деталі – шпонки, пальці тощо
- Опорні деталі – підкладки, кутники
- Направляючі деталі
- Прижими – прихвати
- Кріпильні деталі – болти, гайки тощо (рисунок 5.4).



Рисунок 6.4 – Деталі УЗП

6.2 Технологічне оснащення для складання

Промивка деталей виконується в мийній машині для деталей та агрегатів MAGIDO L90 (рисунок 6.5).

Технічні характеристики мийної машини [10]:

Ємність баку – 85 л

Діаметр корзини – 780 мм

Допустиме навантаження корзини – 150 кг

Потужність – 4,75 кВт

Максимальна висота деталей – 500 мм

Тиск розчину – 0,24 МПа



Рисунок 6.5 – Мийна машина для деталей та агрегатів MAGIDO L90

Для запресування деталей використовується ручний прес Holzmann DOP 3000 (рисунок 6.6).

Технічні характеристики ручного пресу [11]:

Зусилля – 3 т

Максимальна висота деталі – 285 мм.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

Діаметр робочого столу – 185 мм

Робочий стіл має чотири пази з розмірами – 23/27/23/38 мм.



Рисунок 6.6 – Ручний прес Holzmann DOP 3000

Загвинчування болтів та гвинтів виконується акумуляторним гайковертом Дніпро-М DTW-201BC Compact (рисунок 6.7) з набором змінних насадок.



Рисунок 6.7 – Акумуляторний гайковерт Дніпро-М DTW-201BC Compact

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

КР ТМ 201.002.002 ПЗ

Арк.

80

Технічні характеристики гайковерту [12]:

Максимальний крутний момент – 350 Н·м

Напруга акумулятора – 20V

Швидкість обертання холостого ходу – 0- 1500 об/хв.

Число ударів на холостому ходу – 3000 уд/хв..

Наявний реверс.

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		81

Висновки

В роботі розглянуто вакуум-насос, який є частиною високовакуумної системи зварювальної установки, проведено функціональний аналіз установки, вакуум-насосу та корпусу. Річна програма випуску заданих вакуум-насосів складає 100 шт./рік, які виготовляються партіями по 5 шт. з періодичністю 22 дні.

В роботі було визначено, що вакуум-насос технологічний та кресленик деталі також технологічний.

САЕ- аналіз показав, що при крутному моменті 172 Н·м виникнуть внутрішні напруги величиною 49,49 МПа, що не перевищує міцність матеріалу корпусу, тобто корпус вакуум-насосу витримає задані навантаження та не потребує конструктивних змін.

В процесі виконання розмірного аналізу були виявлені замикаючі ланки та відповідні розмірні ланцюги, також було розраховано два ланцюги методами максимум-мінімуму та ймовірнісним методом.

На основі виконаної роботи в перших трьох розділах було виконано схему складання вакуум-насосу та розроблено технологічний процес складання. Складання вакуум-насосу відбувається за три вузлові операції та одну операцію загального складання. Час загального складання одного вакуум-насосу - 44,56 хв.

Для заданої деталі спроектовано виливок. Визначено основні технологічні задачі та проведено обґрунтування технологічних баз. Розроблено технологічний процес механічної обробки корпусу за дві операції.

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ			
<i>Зм</i>	<i>Писав</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Патв</i>	Висновки	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	Петрикей С.О.							
<i>Перевір.</i>	Єрошенко А.М.						82	1
<i>Реценз.</i>						НУЧП		
<i>Н. Контр.</i>	Ігнатенко О.А.							
<i>Затв.</i>	Єрошенко А.М.							

Перелік посилань

1. Дифузійне зварювання. [Електронний ресурс]. – режим доступу: https://stud.com.ua/157928/tehnika/difuziyne_zvaryuvannya
2. Дифузійне зварювання. [Електронний ресурс]. – режим доступу: http://ni.biz.ua/4/4_11/4_119410_diffuzionnaya-svarka.html
3. Бондаренко С.Г. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва: Навч. посібник. – К.: ІСДО, 1993. – 544 с
4. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: Учеб. пособие для студ. техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.; Издательский центр «Академия», 2004. – 496 с.
5. Размерный анализ конструкций. Справочник / С.Г. Бондаренко, О.Н. Чередников, В.П. Губий, Т.М. Игнатцев. Под общ. ред. С.Г. Бондаренко. – К.: Техника, 1989. – 150 с.
6. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин в условиях единичного производства. – М.: Экономика, 1991. – 159с.
7. Abplanalp Україна [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://abplanalp.ua/ru/stanok-frezernyj-5-ti-osevoj-haas-umc-500>
8. Кода [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://www.koda.ua/ukr/products/group.html?id=1259>
9. Маркетплейс [Електронний ресурс]. – режим доступу: https://prom.ua/p22446662-mojka-detalej-agregatov.html?utm_source=google_product&utm_medium=cpc&utm_content=pla&utm_campaign=KT_cpc_1_5297199152&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwwYSwBhDcARIsAOyL0fhpmcmmAH_wcCCqbG1IXGLpoe8vd0f6C8BNQzMV3gQqYHgpYfpoQ-QaAoWDEALw_wcB

					КР ТМ 201.002.002 ПЗ					
<i>Зм</i>	<i>Писм</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Патв</i>	Перелік посилань			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архивів</i>
Розроб.	Петрикей С.О.							83	2	
Перевір.	Єрошенко А.М.							<i>НУЧП</i>		
Реценз.										
Н. Контр.	Ігнатенко О.А.									
Затв.	Єрошенко А.М.									

10.КМА.UA[Электронный ресурс]. – режим доступа:
https://kma.ua/ru/ruchnye-pressy/5031-press-ruchnoj-holzmann-dop-3000.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwwYSwBhDcARIsAOyL0fgSIUoHKkJOPEw1nRxU1E-2y3mLUr8cZgS0B2tZfj1gPXSu1Nqc5-EaAjS8EALw_wcB

11.ДніпроМ [Электронный ресурс]. – режим доступа: https://dnipro-m.ua/tovar/akkumulyatornyj-gajkovert-dtw-201bc-compact/?campaignid=17724767207&adgroupid=&targetid=&adid=&network=x&keyword=&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwwYSwBhDcARIsAOyL0fjgCDERbXvPpm4OsjIjrDM-ElpDK-byv4uunyjF1bsAB0HsCHTslhoaAlCjEALw_wcB