

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ  
«Сумський державний університет»**

**Факультет технічних систем та енергоефективних технологій**  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

---

**Технологія машинобудування, верстати та інструменти**  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

---

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи (проєкту)

**другий (магістерський)**  
(освітньо-науковий рівень)

---

на тему **«Удосконалення технологічного процесу виготовлення  
Корпусу РН 12.004.200.01 шляхом вибору раціональної  
структури операції контролю радіального биття»**

---

Виконав: студент II курсу, групи ТМ.м-91  
спеціальності: 131 – прикладна  
механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми: технології  
машинобудування

(назва освітньої програми)

Касьян Д. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Нешта А. О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ  
«Сумський державний університет»**

Інститут, факультет	Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра	Технології машинобудування, верстатів та інструментів
Освітній рівень	другий (магістерський) <small>(назва)</small>
Спеціальність	131 – прикладна механіка <small>(шифр і назва)</small>
Освітня програма	технології машинобудування <small>(назва освітньої програми, за наявності)</small>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології  
машинобудування, верстатів та  
інструментів

\_\_\_\_\_ Віталій ІВАНОВ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 року

**ЗАВДАННЯ  
ДО КВАЛІФІКАЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЕКТУ) СТУДЕНТУ**

**Касьян Дмитро Володимирович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) **«Удосконалення технологічного процесу  
виготовлення Корпусу РН12.004.200.01 шляхом  
вибору раціональної структури операції  
контролю радіального биття**

керівник проекту **Нешта Анна Олександрівна канд. техн. наук**

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «13» листопада 2020 року за № 1767-III

2. Строк подання студентом роботи (проекту) «16» грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи (проекту) **Креслення деталі «Корпус»,  
типовий технологічний процес деталі «Корпус».**

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) **1. Виконати аналіз службового призначення деталі та технології її оброблення.**

**2. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі Корпус.**

**3. Виконати огляд технологічних факторів, що впливають на продуктивність контролю радіального биття та запропонувати варіанти підвищення**

ефективності виробничих умовах.

5. Консультанти розділів роботи (проєкту)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Фалько В. В., ст. викладач кафедри ЕтаПТ		

6. Дата видачі завдання «15» вересня 2020 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи (проєкту)	Строк виконання етапів роботи (проєкту)	Примітка
1	Вступ	25.09.2020	Виконано
2	Виконати аналіз службового призначення деталі та технології її оброблення	10.09.2020	Виконано
3	Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі втулки фланцевої	15.10.2020	Виконано
4	Виконати огляд технологічних факторів, що впливають на продуктивність контролю радіального биття та запропонувати варіанти підвищення ефективності виробничих умовах.	27.11.2020	Виконано
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях	03.12.2020	Виконано
6	Формулювання загальних висновків	11.12.2020	Виконано
7	Підготовка доповіді	12.12.2020	Виконано
8	Підготовка презентації	12.12.2020	Виконано
9	Оформлення роботи	14.12.2020	Виконано

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Дмитро КАСЬЯН

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проєкту)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Анна НЕШТА

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

	с.
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1 .....	10
Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі .....	10
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	10
1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення. ....	18
1.3 Характеристика заданого типу виробництва та форми його організації .	21
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	25
1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу.....	29
1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі .....	31
РОЗДІЛ 2 .....	34
. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ .....	34
2.1 Складання раціонального технологічного маршруту виготовлення деталі. ....	34
2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки.....	36
2.3 Розрахунок припусків на механічну обробку поверхонь.....	39
2.4 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки	41
2.5 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів .....	55
2.6 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів .....	58
2.7 Розрахунок режимів різання .....	60
2.8 Технічне нормування операцій.....	74
2.9 Проектування верстатного пристрою .....	79
РОЗДІЛ 3 .....	88
Наукова частина .....	88

3.1 Обґрунтування доцільності впровадження контрольно – вимірювальних пристроїв в машинобудуванні .....	88
3.2 Розрахунок контрольно-вимірювального пристрою та реалізація конструкції .....	89
Розрахунок фактичної сумарної похибки КВП.....	99
3.3 Модальний аналіз запропонованого контрольно-вимірювального пристрою .....	100
3.4 Висновки .....	106
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ .....</b>	<b>107</b>
Додаток А КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Додаток Б РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ НА ДІАМЕТРАЛЬНІ РОЗМІРИ .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Додаток В СПЕЦИФІКАЦІЯ .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Додаток Г ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра становить 106 сторінок, в тому числі 32 рисунки, 29 таблиць, бібліографії із 37 джерел на чотирьох сторінках, чотирьох додатків на 22 сторінках.

**Мета роботи:** Провести удосконалення технологічного процесу виготовлення «Корпусу РН 12.004.200.01», шляхом вибору раціональної структури операції контролю радіального биття.

Для досягнення поставленої мети в роботі було встановлено та вирішено наступні **завдання**: 1) виконати аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі; 2) розробити перспективний технологічний процес виготовлення деталі; 3) спроектувати спеціальну конструкцію контрольно-вимірювального пристрою для контролю радіального биття; 4) провести модальний аналіз пристрою на власні частоти для запобігання явища резонансу.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес виготовлення «Корпусу РН 12.004.200.01».

**Предмет дослідження** – контроль виконання циліндричних поверхонь на радіальні та торцеві биття.

**Наукова новизна:** в результаті проектування було розроблено пристрій для контролю радіального та торцевого биття, яке дає високу точність, і в той й же час його можна використовувати у виробничих умовах.

НАСОС, КОРПУС, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РЕЖИМ РІЗАННЯ,  
ОПЕРАЦІЯ, РАДІАЛЬНЕ БИТТЯ

## ABSTRACT

The master's qualification work is 106 pages, including 32 figures, 29 tables, bibliographies from 37 sources on four pages, four appendices on 22 pages.

Purpose: To improve the technological process of manufacturing "Housing RN 12.004.200.01" by choosing a rational structure of the operation of radial beating control.

To achieve this goal in the work were set and solved the following tasks: 1) perform an analysis of the basic technological process of manufacturing parts; 2) to develop a promising technological process of manufacturing parts; 3) to design a special design of the control and measuring device for control of radial beating; 4) perform a modal analysis of the device at its own frequencies to prevent the phenomenon of resonance.

The object of study - the technological process of manufacturing "Housing RN 12.004.200.01".

The subject of research - control of execution of cylindrical surfaces on radial and face beats.

Scientific novelty: as a result of design the device for control of radial and face beating which gives high accuracy, and at the same time it can be used in production conditions was developed.

\

PUMP, BODY, TECHNOLOGICAL PROCESS, CUTTING MODE,  
OPERATION, RADIAL BEATING

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідуючий кафедрою

\_\_\_\_\_ Віталій ІВАНОВ

« \_\_\_\_ » грудня 2020 р.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ  
КОРПУСУ РН 12.004.200.01 ШЛЯХОМ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОЇ  
СТРУКТУРИ ОПЕРАЦІЇ КОНТРОЛЮ РАДІАЛЬНОГО БИТТЯ**

Кваліфікаційна робота (проект) магістра

Спеціальність 131 – прикладна механіка

Освітня програма – технології машинобудування

Студент

Д. В. Касьян

Керівник

А. О. Нешта

Консультант з розділу охорони праці  
та безпеки в надзвичайних ситуаціях

В. В. Фалько

Нормоконтроль

О. В. Івченко



Суми – 2020

## **ВСТУП**

Розвиток насособудування тісно пов'язаний із загальним технічним прогресом у таких галузях, як машинобудування, гідродинаміка, хімічна промисловість, електропромисловість. Завдяки досягненням у цих галузях стало можливим створення насосів різних типів, призначених для перекачування не тільки води, але й агресивних середовищ, рідких металів, криогенних рідин.

Особливе значення має застосування насосів, насосних установок або насосних станцій у системах водопостачання й каналізації, де вони є одним з основних вузлів. У системах водопостачання насоси забезпечують подачу води споживачам: промисловим підприємствам, тепловим електростанціям, житловим кварталам населених місць. У системах опалення й гарячого водопостачання за допомогою насосних установок здійснюється циркуляція гарячої води. У системах каналізації насоси забезпечують подачу стічної рідини на очисні спорудження або перекачування її зі знижених районів населених місць в основні міські або районні колектори.

Виробництво насосів та їх складальних одиниць потребує застосування нових технологічних методів, виробництва заготовок, а також сучасних верстатів з ЧПК. У курсовій роботі буде наведений аналіз службового призначення відцентрового насоса і аналіз окремої деталі «Корпус».

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЯНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

#### **1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації**

Насос магістральний - гідравлічна машина, призначена для перекачування нафти і нафтопродуктів магістральними, технологічним і допоміжним трубопроводах.

Насос типу НМ 1250...10000 - відцентровий горизонтальний одноступінчатий спірального типу з робочим колесом двостороннього входу, забезпечений підшипниками ковзання з примусовою змащенням. Нафтовий магістральний насос НМ 10000-210 призначений для подачі в системах магістральних трубопроводів нафти і нафтопродуктів з температурою від мінус 10 °С до плюс 50 °С. Насос призначений для заміни насосів типу НМ 424DVS, а також для установки на нафтоперекачувальних станціях, що будуються, нафтопроводів. Насос призначений для експлуатації в закритих приміщеннях при температурі навколишнього повітря від плюс 1 °С до плюс 40 °С без постійної присутності обслуговуючого персоналу, схематичне зображення насосу показано на рисунку 1.1.

Нафта, що надходить на охолодження торцевих ущільнень, проходить очистку в циклоновом сепараторі. Для сприйняття радіальних навантажень застосовані опорні підшипники ковзання з високою несучою здатністю, а для сприйняття осьових навантажень - здвоєні радіально-наполегливі підшипники кочення SKF. Передача крутного моменту від двигуна до насоса здійснюється за допомогою пружної пластинчастої муфти. В якості приводів насосів застосовуються синхронні або асинхронні вибухозахищені двигуни. Технічні характеристики агрегату можна побачити в таблиці 1.1.

Агрегати складаються з насоса, вибухозахищеного двигуна, пружної пластинчастої муфти, огорожі пружної пластинчастої муфти, загальної

маслоустановці з трубопроводами в межах агрегату для маслозабезпечення підшипників, а також трубопроводів зливу витоків.

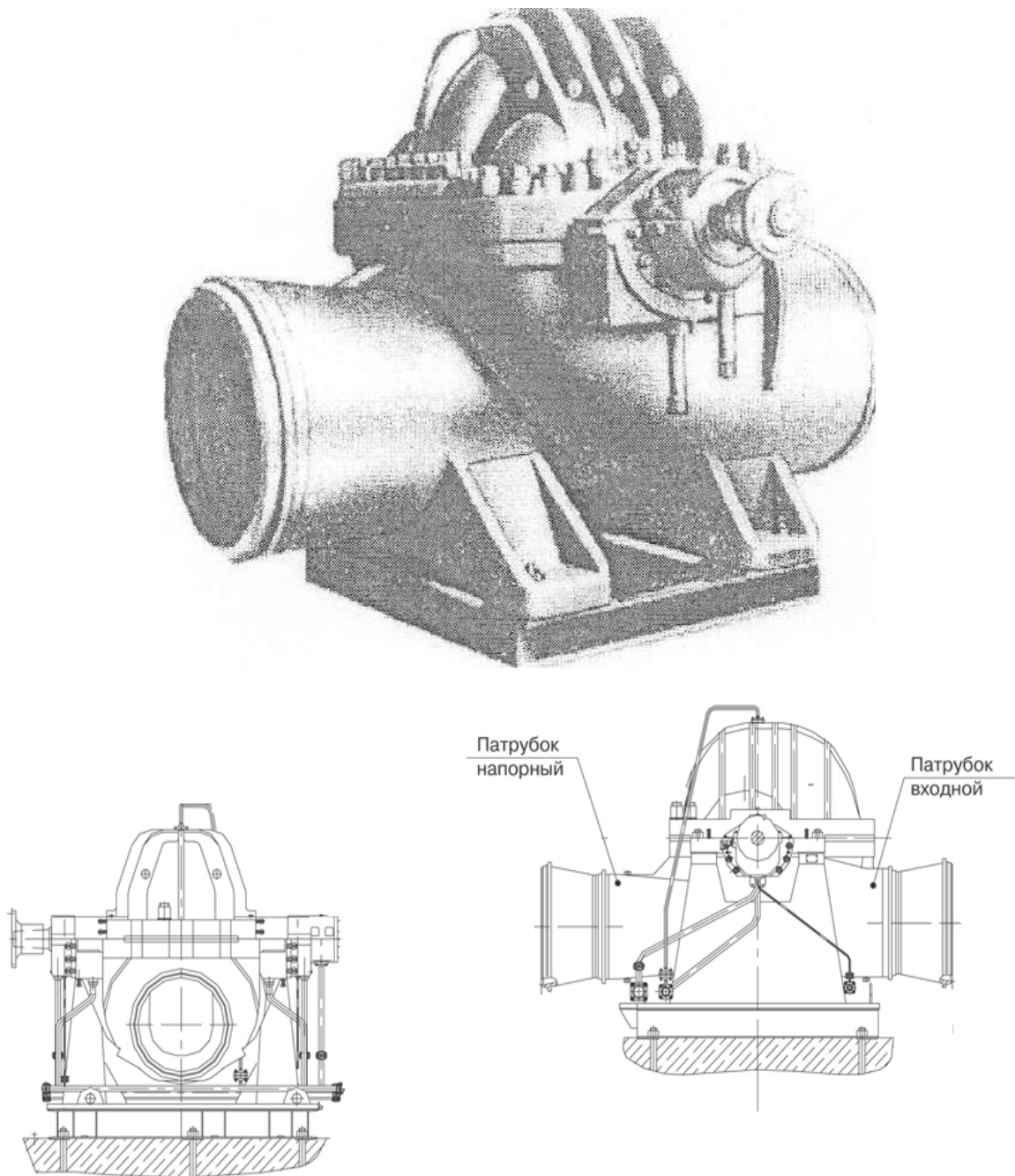


Рисунок 1.1 – Насос НМ10000-210

Принцип дії насоса полягає в перетворенні отриманої від привода динамічної енергії в потенційну енергію тиску, кінетичну енергію швидкості потоку рідини з

робочим колесом ротора та спіральним відведенням статора насоса. При роботі агрегату необхідно стежити за рівнем вібраційного стану. При збільшенні вібрації слід перевірити: кріплення насоса до фундаменту, двигуна до насоса, виконати підтяжку болтових з'єднань.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики

Параметр	Значення
Подача рідини, м <sup>3</sup> /год	10000
Напір, м	210
Допустимий кавітаційний запас, м	65
Частота обертання, об/хв	3000
ККД насоса, %	90
Потужність насоса, кВт	5465

Деталь «Корпус» входить до складу вузла «Підшипник».

Головна вимога до подібних деталей - досягнення концентричності зовнішніх і внутрішніх поверхонь корпусу і перпендикулярності торців до осі центрального отвору. Досягнення концентричності може бути забезпечене різними способами механічної обробки заготовки, а це, в свою чергу, позначається на виборі чорнових баз механічної обробки. Торцеве ущільнення використовується в обертовому обладнанні для забезпечення герметизації валу, що передає механічну енергію до робочого органу механізму, і розділяє два середовища, тим самим забезпечує повну герметизацію.

До задньої стінки корпусу помпи кріпиться нерухоме кільце. Щоб між корпусом і кільцем уникнути витоків, використовують еластомірний елемент. Цей елемент не зношується, тому як кільце нерухомо. Вал водяного насоса проходить всередині кільця, не зачіпаючи його. Якби вал з кільцем стикалися, між ними не було б рідини, і саме кільце виступало б у ролі ущільнювача. Такий принцип пристрою сальникових і манжетних ущільнень. А торцеві ущільнення для насоса виключають тертя між ущільнювачем і валом. Вал не стикається з кільцем, тому

між ними була б рідина, однак є друге кільце, яке, обертається, насаджене на вал щільно з нерухомим. Поверхні кільця називаються парою тертя. Цей елемент єдиний тертьових в конструкції. Зазор між рухомим і нерухомим кільцем менш мікрона. У ньому утворюється тонка плівка рідини, яка змащує поверхні пари тертя і оберігає їх від перегріву.

Даний тип ущільнення має технологічні пази, через які охолоджується зона тертя. Охолоджуюче торцеве ущільнення насоса для нафтопроводу, що містить ущільнювальний вузол, що складається з обертового кільця ущільнювача, закріпленого в ущільнювальній втулці, і непровертаючого кільця ущільнювача, встановленого з натягом на стакані, змінному аксіально в направляючої втулці, і ущільнене по зовнішньому діаметру круглим кільцем і опорним кільцем. З метою охолодження поверхонь ковзання в кришці корпусу передбачений трубопровід для подачі охолоджуючої середовища, що проходить через кільцеву порожнину - паз. У місця входу в паз нерухомо встановлений змінний відображальний кожух (щиток), заломлює пряму нагнічувальну струмінь охолоджувальної середовища і забезпечує радіальне змивання поверхонь ковзання

Недоліками вищевказаних ущільнень є нерівномірне охолодження елементів торцевого ущільнення, так як охолоджуюча рідина омиває в основному поверхні ковзання, що призводить до температурного перекоосу елементів пари тертя і зниження надійності ущільнень.

Перевагами і особливостями цього типу ущільнення є:

- 1) - значно зменшують втрати рідини;
- 2) - корпус помпи повністю герметизований;
- 3) - виключається знос валів насосів;
- 4) - коефіцієнт тертя низький;
- 5) - підходять для перекачування різних видів рідини.

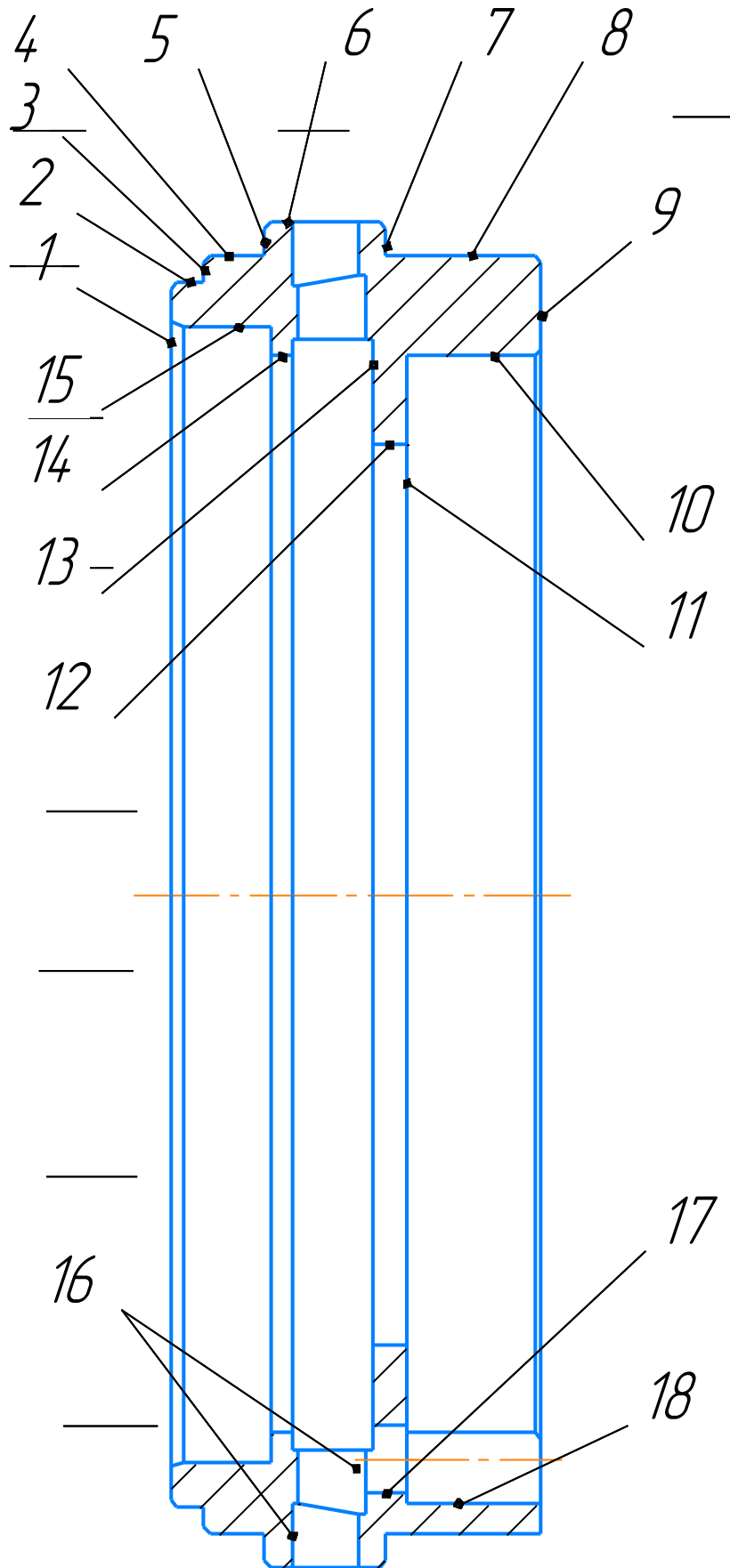


Рисунок 1.2 – Поверхні деталі «Корпус»

Розглянемо службове призначення кожної поверхні деталі:

- основні конструкторські бази – 3, 5, 18;
- допоміжні конструкторські бази – 6, 8, 9, 10, 15;
- виконавчі поверхні – 13, 16;
- вільні поверхні – інші поверхні.

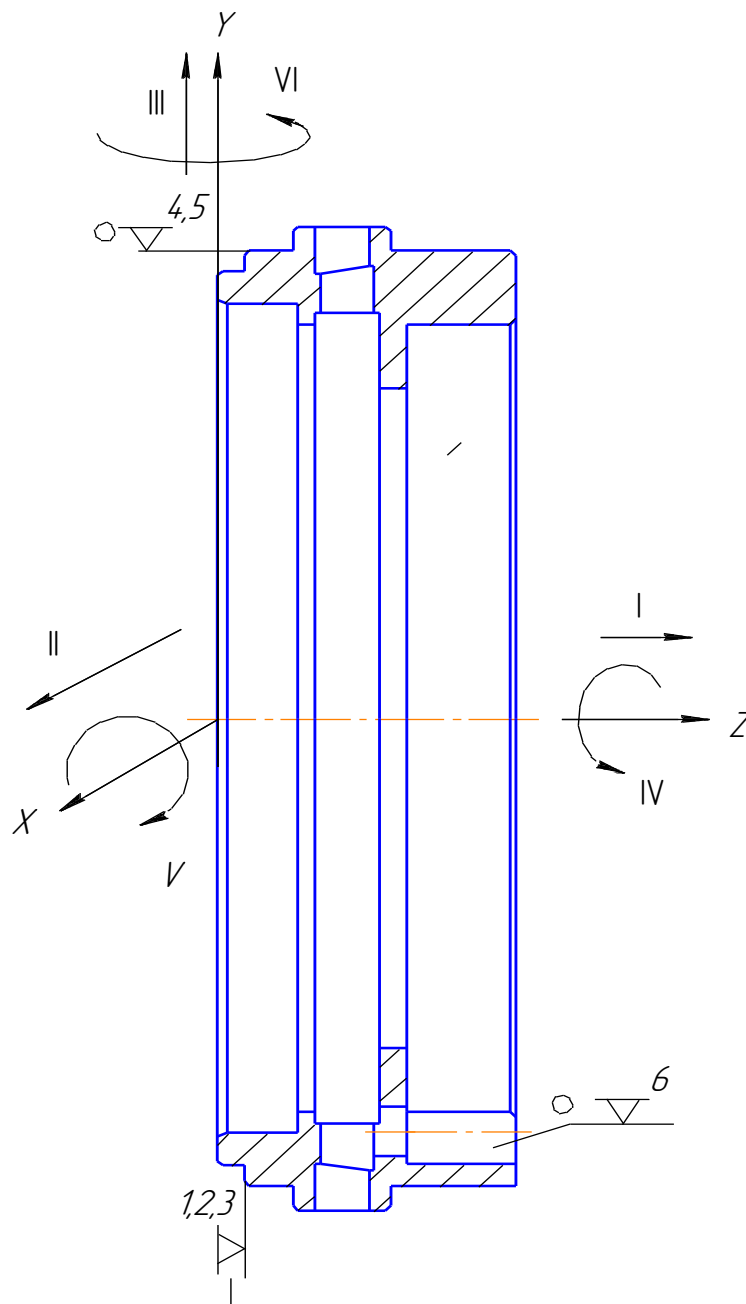


Рисунок 1.3 – Схема базування деталі у підшипнику

Таблиця 1.2 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені вільності	Назви баз
1,2,3	II, III, V, VI	Установча база
4,5	I	Подвійно-опорна база
6	IV	Опорна база

Таблиця 1.3 – Матриця зв'язків

X,Y,Z/ $\lambda, \alpha$	X	Y	Z	Назви баз
$\lambda$	0	0	1	Установча база
$\alpha$	1	1	0	
$\lambda$	1	1	1	Подвійно-опорна база
$\alpha$	0	0	0	
$\lambda$	0	0	0	Опорна база
$\alpha$	1	0	1	
$\Sigma$	2	2	2	6

Розглянемо більш детально поверхні деталі «Корпус» згідно креслення. Поверхні зображені на рисунку 1.2 та базування зображене на рисунку 1.3. Більш детальна інформація в таблицях в 1.2 та 1.3. Для полегшення складання опису поверхонь складемо таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Характеристика поверхонь деталі «Корпус»

Номер поверхні	Опис поверхні
1	Торець $\varnothing 168,2/\varnothing 182$ вільна поверхня
2	$\varnothing 182$ вільна поверхня, $R_a=6,3$ мкм
3	Торець $\varnothing 182/\varnothing 190f7$ , $R_a=1,6$ мкм ОКБ базується корпус в підшипниковому вузлі.
4	$\varnothing 190f7$ , $R_a=1,6$ мкм ОКБ базується корпус в підшипниковому вузлі.
5	Торець $\varnothing 190/\varnothing 200$ вільна поверхня
6	$\varnothing 200f7$ , $R_a=1,6$ мкм ДКБ базується ущільнюючий корпус
7	Торець $\varnothing 190/\varnothing 200$ вільна поверхня



## Продовження таблиці 1.4

Номер поверхні	Опис поверхні
8	Ø190f9, Ra=1,6 мкм ДКБ базується манжета
9	Торець Ø190/Ø200 Ra=1,6 мкм ДКБ базується манжета
10	Ø160H9, Ra=1,6 мкм ДКБ базується втулка
11	Торець Ø160/Ø134 вільна поверхня
12	Ø182 вільна поверхня, Ra=6,3 мкм
13	Карман Ø170x12 виконавча поверхня необхідна для перетоку мастила
14	Ø160H9, Ra=1,6 мкм ДКБ базується втулка
15	Ø168,7, Ra=1,6 мкм ДКБ базується ущільнення
16	Пази ø60x10 мм, Ra=12,5 мкм виконавча поверхня необхідна для перетоку мастила
17	Ø10 мм, Ra=12,5 мкм виконавча поверхня необхідна для перетоку мастила
18	Паз R10, ДКБ, базується корпус в підшипнику

Незазначені в таблиці 1.4 поверхні є вільними, і відповідно технічним вимогам на деталь допуски на дану категорію розмірів призначаються за 14 квалітету точності (ГОСТ 25346-82) та виконані з шорсткістю Ra=6,3 мкм.

## 1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення

Для визначення технічних вимог до деталі, ми звертаємося з аналізом до її службового призначення. Проаналізувавши робоче креслення можна зробити висновок, що наявних проекцій і перерізів в достатку, які правильно розміщені відповідно до актуальних стандартів, всі поверхні мають вказані вихідні дані, а саме: розміри, їх точність і шорсткість, проставлені потрібні технічні вимоги на виготовлення деталі. В залежності від розмірів поверхонь деталі, які в свою чергу залежать від функціонального призначення, буде змінюватися і її маса.

Деталь «Корпус» виготовляється зі сталі 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72.

Згідно з ГОСТ 5632-72 хімічний склад і механічні властивості представлені в таблиці 1.6 та 1.7.

Матеріал заміник - сталі: 08Х18Г8Н2Т, 10Х14ГН14Т 12Х17Г9АН.

Температура ковки, °С – початок 1250, кінець 800.

Зварюваність - зварювана. Способи зварювання: РД, РАД, АФ, МП, ЗШ. КТ - без обмежень. Не схильна до відпускнуї крихкості. Не флокеночутлива.

Таблиця 1.6 – Хімічний склад сталі 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72, %

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	As	N	Cu
			не більше						
0,12	0,17-0,37	0,5-	0,040	0,035	20	11	0,08	0,008	0,30

Таблиця 1.7 – Механічні якості сталі 12X18H10T для поковок по ГОСТ 8479-70

Режим термообробки		Переріз , мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$	$\delta_y$	$\psi$	КСУ Дж/см <sup>2</sup>	НВ	
операція	t, °C		Охолоджув альна	кгс/м		%			
				не менше					
Нормалізац	840	повітря або піч	До 100	27	530	20	40	44	156-
	860		101-300	27	530	17	38	34	156-
Відпуск	600-		301-500	24	470	17	35	34	143-
	650		501-800	21	430	16	35	39	123-
Загарту- вання	830-	вода	до 100	24	590	18	45	59	174-
	850		101-300	31	570	1	35	34	167-
Відпуск	580-	повітря	301-500	27	530	15	32	29	156-
	640			5					

$\sigma_{0,2}$  – межа текучості, МПа;

$\sigma_B$  – тимчасовий опір, МПа;

$\delta_y$  – відносне видовження, %;

$\psi$  – відносне звуження, %.

Деталь має відношення  $L/D < 1$ , що забезпечує достатню жорсткість при закріпленні та при обробці без спеціальних пристроїв. Базування і закріплення деталі не викликає труднощів, тому що зовнішня поверхня типова та зручна для фіксування. Заготовку можна закріпити в трикулачковому самоцентруючому патроні з упором в торець.

Проставлення розмірів виконане згідно до ГОСТ, що реалізує просте читання креслення, вільне виконання і контроль розмірів під час процесу обробки.

На кресленні відсутні жорсткі допуски і розташування отворів. Допуски радіального і торцевого биття 0,03 и 0,05 мм досягаються завдяки принципам сумісності й постійності баз.

Аналіз технічних вимоги пред'являються конструктором до деталі «Корпус»:

1) ГРШ 600 НВ. Для того щоб надати деталі надійні механічні показники, та забезпечити надіну безперервну роботу вузла, потрібно витримати всі вимоги по одержанню твердості деталі. На цей показник варто звернути велику увагу тому, що деталь весь час піддається динамічним навантаженням та сприймає вібрації та ривки при запуску агрегату.

2) Незазначені граничні відхилення розмірів H14, h14 ,  $\pm IT14/2$  . Поверхні, на яких не стоять вимоги точної обробки , повинні оброблятися з квалітетом точності отвору H14, вали h14 (зовнішні циліндричні поверхні), лінійні розміри -  $\pm IT14/2$ . Ці поверхні не є відповідальними і служать для конфігурації деталі (посилення, технологічні поверхні). Дана вимога дозволяє проставляти розміри без захащення креслення.

3) Не вказані допуски форми та розташування по ГОСТ 25069-81. Так як на креслені вказані допуски для найбільш точних поверхонь то поверхні котрі не мають даних показань беруться як для звичайного машинобудування згідно з ГОСТ 25069-81, цим значно спрощується креслення (не вказуються на ньому допуски для всіх поверхонь).

4) \*Розмір забезпечити інструментом. Даним пунктом оговорюється отримання розмірів геометрією ріжучої частини різального інструменту, це може бути радіус, який отримується кутом при вершині леза інструмента (кут при вершині різця автоматично забезпечує жолобник R0,5- 2 мм), що дозволяє спростити як креслення так і отримання даних поверхонь, так як не потрібний спеціальний інструмент для одержання даних поверхонь.

Висновок: робота корпусу здійснюється в статичних умовах з навантаженнями, при робочій температурі мастила від +20°C до +60°C, з впливом агресивного середовища. До деталі пред'явлені жорсткі вимоги конструктором для забезпечення безвідмовної роботи виробу в цілому.

### 1.3 Характеристика заданого типу виробництва та форми його організації

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{30}$ , який показує відношення всіх різноманітних технологічних операцій, виконуваних на протязі місяця до кількості робочих місць.

$$K_{3.0.} = \Sigma O / \Sigma P, \quad (1.1)$$

де  $\Sigma O$  – сумарне число різноманітних операцій;  
 $\Sigma P$  – число робітників виконуючих ці операції.

Визначення штучно-калькуляційного  $T_{ш-к}$  на всіх операціях.

Штучно-калькуляційний час беремо з базового технологічного процесу.

Данні заносимо до таблиці 1.8.

Розрахункова кількість верстатів по операціям знаходимо за формулою:

$$m_p = \frac{N_{річ} \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.ср.}}, \text{ шт} \quad (1.2)$$

де  $N_{річ.}$  – річна програма випуску деталей, 800 шт;

$F_d$  – дійсний річний фонд часу роботи обладнання,  $F_d = 4029$  год;

$\eta_{з.н.ср.}$  – середнє значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання.

Виконаємо розрахунок необхідної кількості обладнання:

$$m_p = \frac{800 \cdot 48,5}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,07 \text{ шт.}$$

Число робочих місць  $P$  знаходимо шляхом округлення до ближнього цілого числа отриманого значення  $m_p$ :  $P=1$ . Результати розрахунків для всіх інших механічних операцій приведені в таблиці 1.8.

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання робочого місця знаходиться за формулою(1.3):

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}, \quad (1.3)$$

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,07}{1} = 0,07 .$$

Результати розрахунків для інших механічних операцій представимо в таблиці 3.1.

Таблиця 1.8– Визначення типу виробництва

№ операції	Найменування операції	T <sub>ш-к</sub> , хв	m <sub>p</sub> , шт.	P, шт.	η <sub>з.ф.</sub>	O
015	Токарна	48,5	0,07	1	0,07	16
020	Токарна	39,5	0,04	1	0,04	20
025	Токарна	41,5	0,05	1	0,05	16
030	Токарна	32,2	0,03	1	0,03	27
035	Фрезерна	15,7	0,016	1	0,016	50
040	Фрезерна	13,5	0,013	1	0,013	61
		190,9	-	6	-	185

Кількість операцій виконуваних на робочому місці:

$$O = \frac{\eta_{з.н.ср.}}{\eta_{з.ф.}}, \quad (1.4)$$

$$O = \frac{0,8}{0,07} = 16 .$$

Результати розрахунків для інших операцій заносимо до таблиці 1.8.

Знаходимо ΣP, ΣO, ΣT<sub>ш-к</sub>, результати заносимо до таблиці 1.8.

Коефіцієнт закріплення операцій знаходимо по формулі:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{185}{6} = 30,8 .$$

Розраховане значення коефіцієнта ( $20 < K_{з.о.} < 40$ ) відповідає дрібносерійному типу виробництва.

Визначення форми організації виробництва.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску визначають спрощено за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (1.5)$$

де  $N$  – річна програма, шт.;

$a$  – періодичність запуску в днях (рекомендується періодичність 3,6,12, 24 дні .

Приймаємо 3 дні). [1]

$$n = \frac{800 \cdot 3}{254} = 9,5 \approx 10 \text{ шт.}$$

В межах даного типу виробництва доцільно використовувати групову форму організації виробництва. Цей метод сприяє застосуванню технології відповідного рівня технології даного типу виробництва.

Групова форма організації виробництва - це форма організації виробничих процесів, що дозволяє забезпечувати пропорційність, безперервність, прямоточність і ритмічність одиничного, дрібно - і середньосерійного виробництва за рахунок застосування методів і засобів, властивих великосерійному і масовому виробництву.

При дрібносерійному виробництві вироби виготовляють партіями або дрібними серіями, що складаються з однойменних, однотипних по конструкції і однакових за розмірами виробів, що запускаються у виробництво одночасно. Основним принципом цього виду виробництва є виготовлення всієї партії (серії) цілісно як в обробці, так і в збірці.

Дрібносерійний тип виробництва характеризується обмеженою номенклатурою виробів, виготовлених періодично повторюваними партіями і порівняно великим обсягом випуску. Коефіцієнт закріплення операцій 20-40.

Використовується універсальне і спеціалізоване і частково спеціальне обладнання. Широко застосовуються верстати з ЧПУ, обробні центри, а також гнучкі автоматизовані системи на основі верстатів з ЧПУ, пов'язаних транспортуючими пристроями, керованими від ЕОМ. Устаткування розставляються по технологічним групам з урахуванням напрямку основних вантажопотоків цеху, по предметно-замкнутим ділянкам.

Технологічна оснастка в основному універсальна, Велике поширення має універсально-збірна, переналагоджувати технологічне оснащення, що дозволяє значно підвищити коефіцієнт оснащеності дрібносерійного виробництва.

Кваліфікація робітників вище ніж в масовому виробництві, але нижча ніж в одиничному. Поряд з робітниками універсальщиками та наладчиками, працюючими на складному універсальному обладнанні використовуються робітники-оператори, що працюють на налаштованих верстатах.

Застосовуваний різальний інструмент - універсальний і спеціальний.

Вимірювальний інструмент - калібри, спеціальний вимірювальний інструмент.

У дрібносерійному виробництві технологічний процес переважно диференційований, тобто розчленований на окремі операції, які закріплені за окремими визначеними верстатами. Верстати застосовуються універсальні, спеціалізовані, спеціальні, автоматизовані, агрегати.

Дрібносерійне виробництво є найбільш поширеним видом виробництва в загальному і середньому машинобудуванні. До цього виду виробництва відносяться:

1. верстатобудування;
2. насособудування;
3. виробництво пресів;
4. виробництво компресорів;
5. виробництво обладнання для харчової промисловості;
6. виробництво устаткування для лісової промисловості;
7. виробництво обладнання для комунального господарства.



Як видно дана галузь присутня в переліку і вибір типу виробництва даної деталі цілком обумовлюється.

Дрібносерійне виробництво характеризується тим, що за кожним робочим місцем відповідно до ГОСТ 3.1108-74 закріплено від 21 до 40 операцій.

#### **1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі**

Показники технологічності діляться на якісні та кількісні.

Якісні показники характеризують технологічність конструкції більш загально на основі досвіду виконавця. До якісних показників відносяться: матеріал деталі, установка в верстаті (базування та закріплення), розміщення розмірів, допуски форми та розміщення, геометрична форма, можливість використання прогресивних способів обробки поверхонь. При цьому аналізується:

- 1) матеріал;
- 2) спосіб отримання заготовки;
- 3) конструкція деталі;
- 4) можливість використання форсуючих режимів різання;
- 5) конструктивні елементи в технологічному відношенні;
- 6) креслення деталі (правильність проставлених розмірів, допусків, шорсткості тощо);

Корпус виготовляється зі сталі 12X18H10T ГОСТ 5632-72 .

Згідно з ГОСТ 5632-72 хімічний склад і механічні властивості представлені в таблиці 2.1 та 2.2.

Аналізуючи технологічність конструкції за застосуванням матеріалам необхідно відзначити, що дана сталь має задовільну оброблюваність так як матеріал не в'язкий та не твердий, що дозволяє виконувати лезвійну обробку без ускладнень. Замінник - сталь 08X18H10T.

Призначення сталі - деталі з підвищеною пластичністю, що піддаються ударним навантаженням і працюють при температурі до 600 ° С, що не піддаються дії слабоагресивних середовищ при кімнатній температурі

Дана марка сталі по своїм фізико-механічним властивостям підходить для виготовлення даної деталі з відповідними умовами експлуатації, так як під час роботи на деталь діють як вібраційні/динамічні навантаження так і дія агресивного робочого середовища, котрі руйнують структуру матеріалу.

Використання, більш дешевих, вуглецевих сталей (ст3, 5, 20) не має можливості так як це приведе до зменшення показників механічних властивостей матеріалу та руйнування деталі під дією робочих навантажень.

Тому за використаним матеріалом, а саме сталі 12Х18Н10Т, будемо вважати деталь технологічною.

Заготовка за базовим технологічним процесом отримується ковкою на молоті в підкладних штампах, що є досить обґрунтовано з точки зору застосованого матеріалу форми, розмірів та конфігурації заготовки та відповідності технічним вимогам креслення. Корпус має досить тонку фланцеву поверхню, що буде ускладнювати виготовлення підкладних штампів та безпосередньо одержання даної форми, але ці зауваження більше відносяться до ковальських робіт, а взагалі форма деталі проста, тому отримання поковки кованої на молотах вважатимемо технологічним.

Аналізуючи форму поверхонь деталі з точки зору можливості застосування високопродуктивного обладнання, можна зазначити, що більшість поверхонь є простими та відкритими, що значно полегшує обробку, так як в більшій мірі досягнута точність обробки залежить від простоти конструкційних форм. Дана деталь складається з простих поверхонь, котрі складають тонкостінну форму корпусу.

Аналізуючи деталь за наявністю необроблених поверхонь можемо зробити висновок що вона не технологічна, так як всі поверхні, є механічно обробленими, що пов'язано з функціональним призначенням деталі її умовами роботи. При аналізі поверхонь можна сказати що за цим показником деталь не технологічна.

Аналізуючи поверхні деталі можемо зробити висновок, що вони в більшості є простими. Розглядаючи креслення деталі можна зробити висновок, що виконане воно згідно з ГОСТ існує достатня кількість видів розрізів, що дозволяє без

ускладнень читати креслення. Але все ж таки має деякі відхилення, наприклад, шорсткість зображена без виноски, що дозволяє читати інформацію, але не відповідає діючим стандартам. Взагалі по цьому пункту деталь технологічна.

Спрощення вимог креслення, запропонованих конструктором, у відношенні точності та якості поверхонь не має можливості, так як деталь відповідальна та для відповідності деталі її функціональним призначенню необхідно забезпечити відповідну якість та точність поверхонь, тому за цим пунктом деталь не технологічна.

Маса деталі 6,6 кг, що свідчить про те що при транспортуванні та закріпленні на перших чорнових операціях не потрібно використовувати допоміжні підйомні механізми (кран балки, мостові крани), що зменшить допоміжний час та відповідно собівартість готової деталі.

Також необхідно відзначити, що габарити деталі складають  $\varnothing 200 \times 55$  мм, що потребує досить великого обладнання з відповідно великою робочою зоною. Використання такого обладнання потребує відповідних капітальних вкладень на його закупку, установку, обслуговування цехового приміщення.

Поверхні деталі є достатньо розвинутими, що полегшує умови базування та закріплення на механічних операціях.

На основі розглянутого креслення деталі «Корпус», можемо зробити висновок, що існують не технологічні конструктивні особливості:

- деталь має велику кількість точних поверхонь виконаних по 7 квалітету з відповідно низькою шорсткістю,  $Ra=1,6$  мкм, також конструктором пред'явлені вимоги по точності даних поверхонь а саме їх биття. Для отримання в комплексі даних критеріїв потрібно використовувати точне чистове обладнання, достатню кількість операцій та переходів (чорнові, напівчистові та чистові), відповідні режими різання, та технологічну оснастку. Забезпечуючи дані вимоги буде збільшена вартість готової деталі, так як використання точного новітнього обладнання, технологічної оснастки приведе до удорожчання основних фондів та збільшення амортизаційних відрахувань;

- отримання пазів не технологічно у зв'язку з використанням непродуктивного дискового фрезерування, неможливістю застосування прогресивних режимів різання;

- виконання різей М6-7Н та отворів є досить трудомістким та для їх виконання необхідно контролювати глибину свердління отворів під нарізання різі, та безпосередньо контролювати глибину нарізки самої різі.

Вище приведені зауваження є не технологічними, але вони є конструктивними: необхідні для використання деталі в вузлі, а отже змінити їх не має можливості.

Поверхні, які мають шорсткість  $Ra=1,6$  мкм потребують відповідної кількості операцій, переходів( чорнові, напівчистові та чистові), що в результаті буде відзначатися на собівартості виробу в цілому, але так як даних поверхонь не багато, то можна сказати що за шорсткістю поверхонь деталь технологічна.

Також треба відзначити, що конструктором пред'явлені жорсткі вимоги як до форми, так і до розміщення базових поверхонь, це радіальні та торцеві биття, котрі складають 0,03-0,05 мм (данні поверхні відіграють роль як основних так і допоміжних конструкторських баз). Для досягнення даних вимог треба застосовувати відповідну кількість операцій з використанням режимів різання котрі дозволять виконати ці допуски та забезпечити необхідну якість поверхонь.

Висновок: В цілому деталь технологічна, хоча має окремі не технологічні конструктивні елементи, що пов'язані з функціональним призначенням та умовами її експлуатації.

### 1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу

Розглянемо заводський аналог технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус».

В базовому технологічному процесі заготовка - поковка, що є технологічно так як форма деталі досить складна, виходячи з попередніх розрахунків обираємо спосіб одержання заготовки на КГШП. Технологічний процес складений відповідно з виконанням технічних вимог для одержання даної деталі.

Детально розглянемо технологічний процес в таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Базовий технологічний процес

№ оп.	Найменування операції	Короткий зміст операції	Базування	Обладнання
1	2	3	4	5
005	Обробка тиском	Відрізання заготовки від прокату		BF500
010	Термічна обробка	Досягнення механічних властивостей матеріалу		Піч
015	Токарна	Чорнова обробка	В патроні	16K25
020	Токарна	Чорнова обробка	В патроні	16K25
025	Токарна	Чистова обробка	В патроні	16K25
030	Токарна	Чистова обробка	В патроні	16K25

Продовження таблиці 6.1

035	Розмічувальна	Розмітка пазів	На столі	Розмічувальна плита
040	Фрезерна	Обробка отворів	На оправці	6P13
045	Фрезерна	Обробка пазів	На оправці	6P13
050	Слюсарна	Правка фасок.		Верстак слюсарний
055	Технічний контроль	Контроль параметрів згідно з кресленням	На столі ВТК	Стіл ВТК

Механічна обробка включає в себе групу фрезерних та токарних верстатів.

При закріпленні заготовки використовуються універсальні прихвати, затискачі з ручним приводом, що ускладнює виставку, закріплення заготовки, а так само, що є значимо, прив'язку верстата до кожної заготовки.

Щодо ріжучого інструменту, що застосовується відповідно до технологічного процесу є досить застарілим, та непродуктивним. Застосовується здебільшого напайний інструмент, більш прогресивним є інструмент зі змінними пластинами, що зменшить час на обслуговування верстата.

Використане обладнання в заводському технологічному процесі є досить застарілим, відповідно воно непродуктивне.

Оформлення технічної документації не відповідає ГОСТ, нормам та стандартам. Не зазначені коди верстатів, не вказані професії, підготовчо-заклучний, штучний час і т.д.

Було також виявлено, що на деяких операціях механічної обробки не вказані верстатні та допоміжні пристрої.

Не зважаючи на ці недоліки, в цілому технологічний процес дозволяє отримати задану якість та точність поверхонь деталі.

## **1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі**

Якість виготовлення деталі у великій мірі залежить від правильності встановлення та закріплення заготовки на верстаті. Установка складається з базування, тобто орієнтації заготовки щодо виконавчих органів верстата, інструменту або траєкторії його переміщення, і закріплення, тобто докладання зусиль до заготівлі для фіксації положення заготовки, досягнутого при базуванні. Поверхня, яка використовується як базова, повинна відповідати наступним вимогам: великі габарити, геометрично не зіпсована форма; низька шорсткість поверхні (без задирів, напливів, буртиків, гладка, залишків ливникової системи і т.д.); розмірний зв'язок з оброблюваною поверхнею, максимальний контакт з оброблюваною поверхнею; відсутність деформацій і низькою жорсткості базових поверхонь; використання принципу сталості баз; можливість простого і зручного закріплення заготовки.

У технології буває досить багато технологічних варіантів обробки, які забезпечують близько однакові параметри одержуваних поверхонь, але різняться за собівартістю реалізації і тому використовуються у різних типах виробництва. Виходячи з цього, одну і ту ж поверхню можна реалізувати послідовним використанням технологічних способів, за яких і складаються різні маршрути обробки цієї поверхні. Так, як кожен маршрут обробки поверхні складається з різних способів досягнення певної точності, отже, можна об'єднати в окремі етапи технологічного процесу. Крім цього механічна обробка може переривається термічними або іншими операціями.

Використовуючи довідкову літературу і вище викладені вимоги, пропонуємо варіанти забезпечення вимог:

Таблиця 1.6 – Способи досягнення точності і шорсткості деталі

Оброблювані поверхні	Квалітет	Ступінь шорсткості Ra, мкм	Метод забезпечення
1	2	3	4
Зовнішні циліндричні поверхні	12-14	6,3	точіння чорнове та напівчистове
	9-11	3,2	точіння чорнове точіння напівчистове та чистове
	7-10	1,6	Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове та тонке
Внутрішні циліндричні поверхні( отвори)	12-14	6,3	Розточування чорнове та напівчистове
	9-11	3,2	Розточування чорнове, напівчистове і чистове
	7-10	1,6	Розточування чорнове,напівчистове, чистове, шліфування.
Отвори на циліндричній поверхні та отвори на торці	12-14	6,3	свердління
Різьбові отвори	7	3,2	Забезпечується інструментом.



Таблиця 1.7 – Способи досягнення форми і взаємного розташування поверхонь деталі

Відхилення форми і взаємного розташування	Величина допуску, мм	Метод досягнення
Радіальне биття зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталі	0,05	принцип постійності баз обробка з одного установа
	0,03	принцип постійності баз обробка з одного установа
	0,05	принцип постійності баз обробка з одного установа
Торцеве биття поверхонь деталі	0,03	принцип постійності баз обробка з одного установа
	0,04	принцип постійності баз обробка з одного установа
Позиційний допуск розташування отворів	0,3	обробка з одного установа

Отримали такі результати:

- аналіз конструктивних особливостей та призначення деталі «Корпус» вказує на раціональність конструкції деталі та відповідає призначеним технічним вимогам на її виготовлення;

- технологічний процес, що використовується на підприємстві орієнтований на використання застарілого, універсального обладнання і його можна оптимізувати за рахунок використання сучасних верстатів та обладнання.

## РОЗДІЛ 2

### УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

#### 2.1 Складання раціонального технологічного маршруту виготовлення деталі

Так, як деталь «Корпус» є типовою деталлю ,тілом обертання, то залишаємо основні операції, а деякі розділемо для продуктивності обробки.

Таблиця 2.1 – Базовий технологічний процес

№ оп.	Найменування операції	Короткий зміст операції	Базування	Обладнання
1	2	3	4	5
005	Обробка тиском	КГШП		BF500
010	Термічна обробка	Досягнення механічних властивостей матеріалу		Піч
015	Токарна з ЧПК	Чорнова обробка	В пневмопатроні	VIPER 300
020	Токарна з ЧПК	Чорнова обробка	В пневмопатроні	VIPER 300
025	Токарна з ЧПК	Чистова обробка	В пневмопатроні	VIPER 300
030	Токарна з ЧПК	Чистова обробка	В пневмопатроні	VIPER 300

Продовження таблиці 2.1

035	Фрезерна з ЧПК	Обробка всіх отворів	На верстатному пристрої	HAAS VF400
040	Фрезерна з ЧПК	Обробка пазів	На верстатному пристрої	HAAS VF400
045	Контроль ВТК	Контроль деталі	Стіл ВТК	Верстак ВТК
050	Слюсарна	Правка фасок		Верстак слюсарний

Механічна обробка включає в себе групу фрезерних та токарних верстатів.

При закріпленні заготовки використовуються автоматичні прихвати, затискачі з пневматичним приводом, що полегшує виставку, закріплення заготовки, а так само, зменшує похибку установки так як. виключає людський фактор.

Щодо ріжучого інструменту, застосовується тільки змінні багатогранні пластини ВК, що зменшує витрати часу на зміну інструменту. Фрези також зі змінними пластинами на оправці.

## 2.2 Вибір та огрунтування способу виготовлення вихідної заготовки

З метою економії металу та зменшення трудомісткості обробки, конфігурація заготовки повинна бути максимально наближена до конфігурації деталі. Трудомісткість виготовлення і собівартість заготовки повинні бути мінімальними. Заготовка повинна мати форму, що дозволяє вести обробку з мінімальною кількістю установів і ріжучого інструменту. Матеріал заготовки не повинен мати тріщин, рихлостей, розшарувань.

Виходячи із типу виробництва і форми його організації можна запропонувати два методи отримання заготовки: – поковка кована на молотах; – поковка кована на КГШП. [2]

Розрахунок вартість отримуваної заготовки штампованої на КГШП:

$$S_{\text{заг}} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_v \cdot K_M \cdot K_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000} \quad (2.1)$$

де  $C_i = 75000$  грн – базова вартість однієї тони матеріалу, грн.

$Q = 10,3$  кг – маса заготовки;

$q = 6,6$  кг – маса готової деталі;

$K_T = 1,1$  – коефіцієнт враховуючий клас точності;

$K_c = 0,83$  - коефіцієнт враховуючий групу складності;

$K_v = 0,87$ - коефіцієнт враховуючий масу;

$K_M = 0,77$  - коефіцієнт враховуючий матеріал;

$K_n = 0,8$  - коефіцієнт враховуючий об`єм виробництва заготовок;

$S_{\text{отх}} = 6000$  грн – ціна однієї тони відходів.

$$S_{\text{заг}} = \left( \frac{75000}{1000} \cdot 10,3 \cdot 1,1 \cdot 0,83 \cdot 0,87 \cdot 0,77 \cdot 0,8 \right) - (10,3 - 6,6) \cdot \frac{6000}{1000} = 795 \text{ грн.}$$

Розрахунок отриманої заготовки із поковки на молоті по формулі (2.2):

де  $C_i = 68500$  грн – базова вартість однієї тони матеріалу, грн.

$Q = 11,5$  кг – маса заготовки;

$q = 6,6$  кг – маса готової деталі;

$K_T = 1,1$  – коефіцієнт враховуючий клас точності;

$K_c = 0,83$  - коефіцієнт враховуючий групу складності;

$K_B = 0,87$ - коефіцієнт враховуючий масу;

$K_M = 0,8$  - коефіцієнт враховуючий матеріал;

$K_n = 0,8$  - коефіцієнт враховуючий об'єм виробництва заготовок;

$S_{отх} = 6000$  грн – ціна однієї тони відходів.

$$S_{заг} = \left( \frac{68500}{1000} \cdot 11,5 \cdot 1,1 \cdot 0,83 \cdot 0,87 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \right) - (11,5 - 6,6) \cdot \frac{6000}{1000} = 694 \text{ грн.}$$

Собівартість штампованої заготовки вище, але дозволить зменшити припуски та напуски відповідно зменшить об'єм механічної обробки та собівартість деталі, тому приймаємо заготовку - штамповка на КГШП.

Розрахунок припусків і допусків на штамповану заготовку згідно ГОСТ 7505-89.

Вихідні дані для розрахунку припусків:

матеріал - сталь 12Х18Н10Т;

маса деталі – 6,6 кг,

Клас точності – Т4;

Група сталі – М1 (см. табл. 1) ;

Ступінь складності – С2 .

Вихідний індекс – 13.

Призначаємо припуски і граничні відхилення згідно ГОСТ 7505-89.

2,3 – Ø 200 мм і чистова поверхня Ra 1,6;

2,0 – Ø 160 мм і чистова поверхня Ra 6,3;

1,8 – Ø 134 мм і чистова поверхня Ra 6,3;

1,8 – довжина 55 мм і чистова поверхня Ra 6,3;

1,7 – довжина 26 мм і чистова поверхня Ra 6,3;

Додаткові припуски, враховуючи:

зміщення по поверхні роз'єму штампі – 0,3 мм

зігнутість, відхилення від площинності і прямолінійності

0,4 мм - Ø160 мм

0,5 мм - Ø200 мм

Допустима висота торцевого заусенця -7 мм;

Допустиме відхилення по зігнутості, від площинності і прямолінійності – 1 мм;

Допустиме відхилення від концентричності пробитого отвору відносно зовнішнього контуру поковки –1,5 мм;

Таблиця 2.2 – Розрахунок розмірів штампівки в підкладних штампах

Номинальний розмір елемента деталі, мм	Припуск на сторону, мм	Додаткові припуски	Допустимі відхилення розмірів заготовки, мм	Остаточний розмір елемента заготовки, мм
Ø 200 мм	2,3	0,3; 0,5	$3,2^{+2,1}_{-1,1}$	$207^{+2,1}_{-1,1}$
Ø 160 мм	2,0	0,3; 0,5	$2,8^{+1,8}_{-1,0}$	$154^{+1,0}_{-1,8}$
Ø 134 мм	2,0	0,3; 0,4	$2,8^{+1,8}_{-1,0}$	$129^{+1,0}_{-1,8}$
26	1,7	0,2; 0,3	$2,2^{+1,4}_{-0,8}$	$31^{+1,4}_{-0,8}$
55	1,8	0,2; 0,5	$2,2^{+1,4}_{-0,8}$	$60^{+1,4}_{-0,8}$

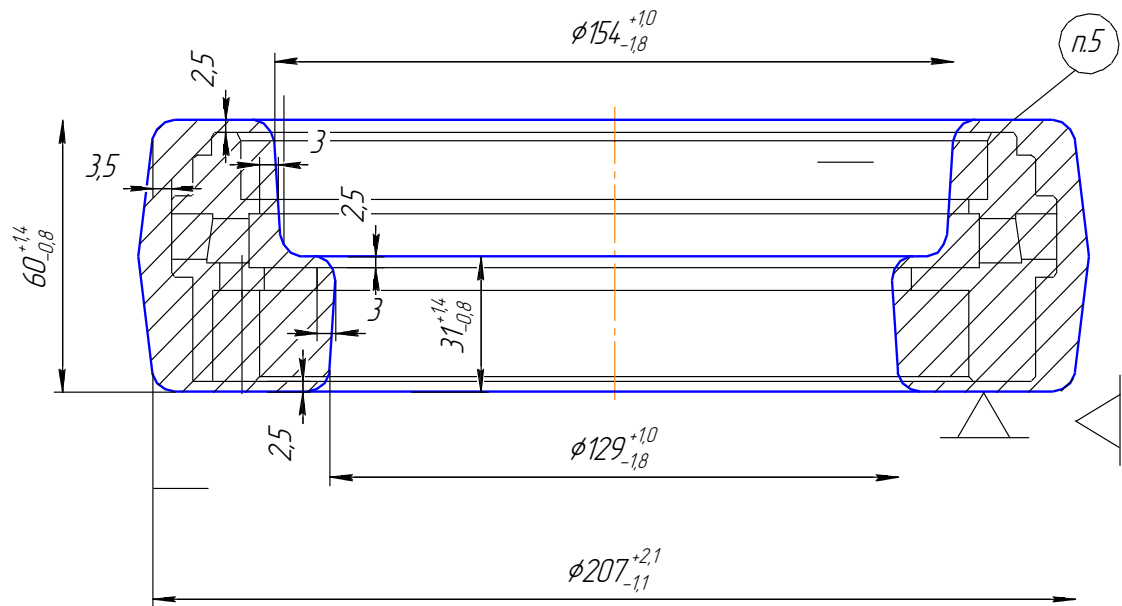


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки

### 2.3 Розрахунок припусків на механічну обробку поверхонь

Виконаємо розрахунок припусків діаметральний розмір Ø160Н9.

Результати розрахунків представлений у додатку Б.

Розрахункова формула для знаходження мінімального припуску зовнішньої циліндричної поверхні за методом професора В.М.Кована [2]:

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.3)$$

де  $R_{z_{i-1}}$  – величина мікро нерівностей поверхні отриманої на попередній операції (переході);

$T_{i-1}$  – глибина дефектного шару поверхні отриманої на попередній операції (переході);

$\rho_{i-1}$  - величина просторового відхилення форми поверхні отриманої на попередній операції (переході);

$\varepsilon_i$  - похибка на виконуваний операції (переході).

Величини  $R_{z-1}$ ,  $T_{i-1}$ ,  $\rho_{i-1}$ ,  $\varepsilon_i$  вибрані таблиць економічної точності відповідно до застосування методів обробки поверхонь [4]

Величина  $\rho_{i-1}$ , розраховується як [2]:

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{екс}^2} = \sqrt{1500^2 + 1200^2} = 1920 \text{ мкм}, \quad (2.4)$$

а  $\rho_{i-1}$  знаходиться в процентному відношенні [1, 7] від  $\rho_{заг}$  тоді  $\rho_{черп} = \rho_{заг} k_y$ , де  $k_y = 0,04-0,06$ , в залежності від переходу. Знайдемо для кожного з переходів:  $\rho_{чер} = 1920 \cdot 0,06 = 115 \text{ мкм}$ ,  $\rho_{н/ч} = 1920 \cdot 0,05 = 96 \text{ мкм}$ ,  $\rho_{чист} = 1920 \cdot 0,04 = 77 \text{ мкм}$ .

Вихідні данні для розрахунку припусків на ЕОМ занесені в таблиці 2.3.

Схема припусків зображена на рисунку 6.1.

Таблиця 2.3 – Вихідні данні

Назва переходу	Познач. точності	Границя відх.	Елементи припуска, мкм				
			$R_z$	T	$\rho$	$\varepsilon_6$	$\varepsilon_3$
Штамповка	T3	+1,0 -1,8	-	-	-	-	-
Роз. чорнове	кв. 12	+1,0	200	200	1920	0	400
Роз. н/ч	кв.10	+0,4	150	150	115	0	100
Роз.чистове	кв.9	+0,1	50	50	96	0	0

Розрахунок припусків та допусків для  $\varnothing 160H9$  виконаний на ЕОМ зазначений у додатку Б.



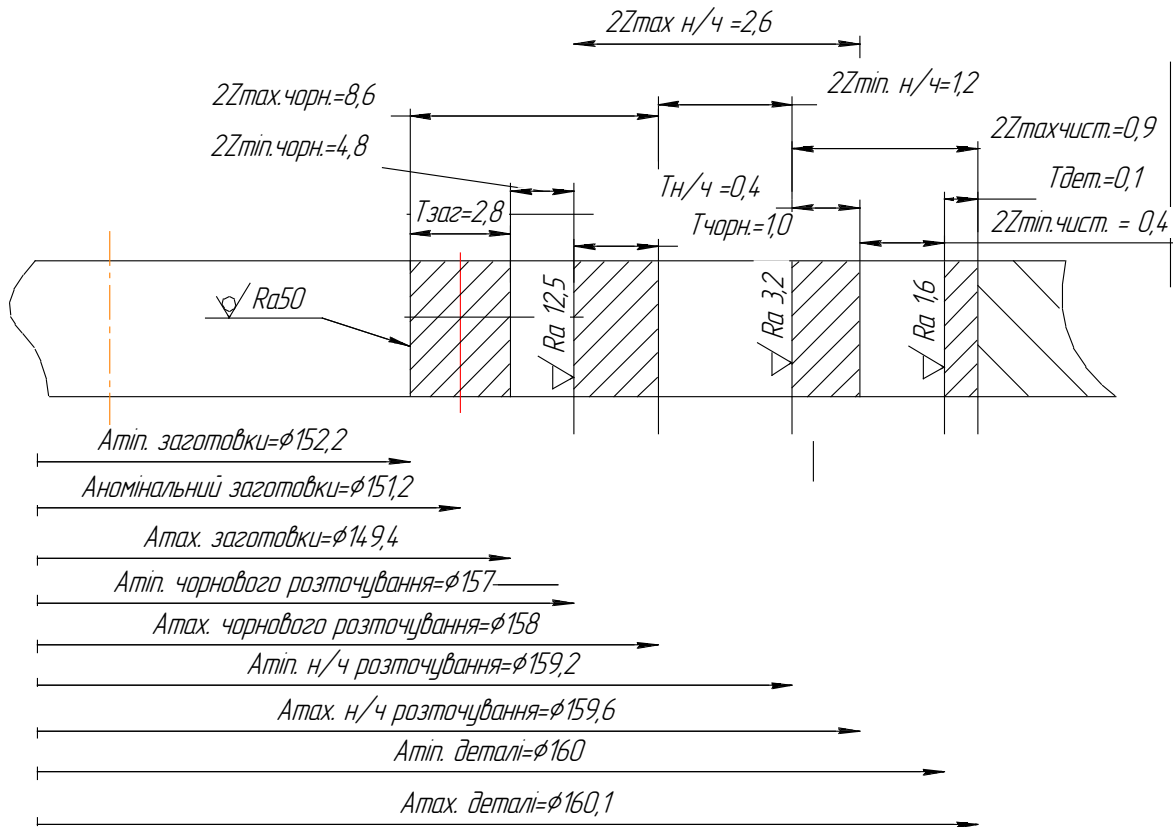


Рисунок 2.2 – Схема розміщення полів припусків та допусків на обробку отвору  $\phi 160H9$  мм

## 2.4 Призначення та огрунтування схем базування та закріплення заготовки

На операції 015 токарній з ЧПК з одного установу виконується чорнова обробка внутрішніх та зовнішніх циліндричних поверхонь та торців заготовки.

Розглянемо базування заготовки в трьохкулачковому самоцентруючому патроні, рисунок 6.2. Дана схема передбачає установчу та подвійно опорну бази, заготовка залишається п'яти ступенів вільності: переміщення по вісям X, Y та Z, обертання по X та Y (див. таблиці 6.2 та 6.3).

Похибка базування для діаметральних розмірів буде дорівнювати нулю, так як центрування заготовки відбуватиметься за рахунок використання самоцентруючого патрону.

Похибка базування для лінійного розміру 58,5 мм також зведеться до нуля, так як співпадає вимірвальна та технологічні бази – лівий базовий торець.

Похибка базування для розміру 23 та 20 мм дорівнюватиме допуску на розмір 58,5 мм, який зв'язує технологічну (лівий торець заготовки) та вимірвальну (правий торець заготовки) бази:  $\varepsilon_b = 0,74$  мм, але у даному випадку значення похибки базування буде знівельовано за рахунок обробки поверхонь на одному установі на верстаті з ЧПК, тому превалюючою похибкою у даному випадку слід вважати похибку позиціонування верстата:  $E_{\text{поз}} = \pm 0,005$  мм = 0,01 мм, що менше допусків на виконувани розміри.

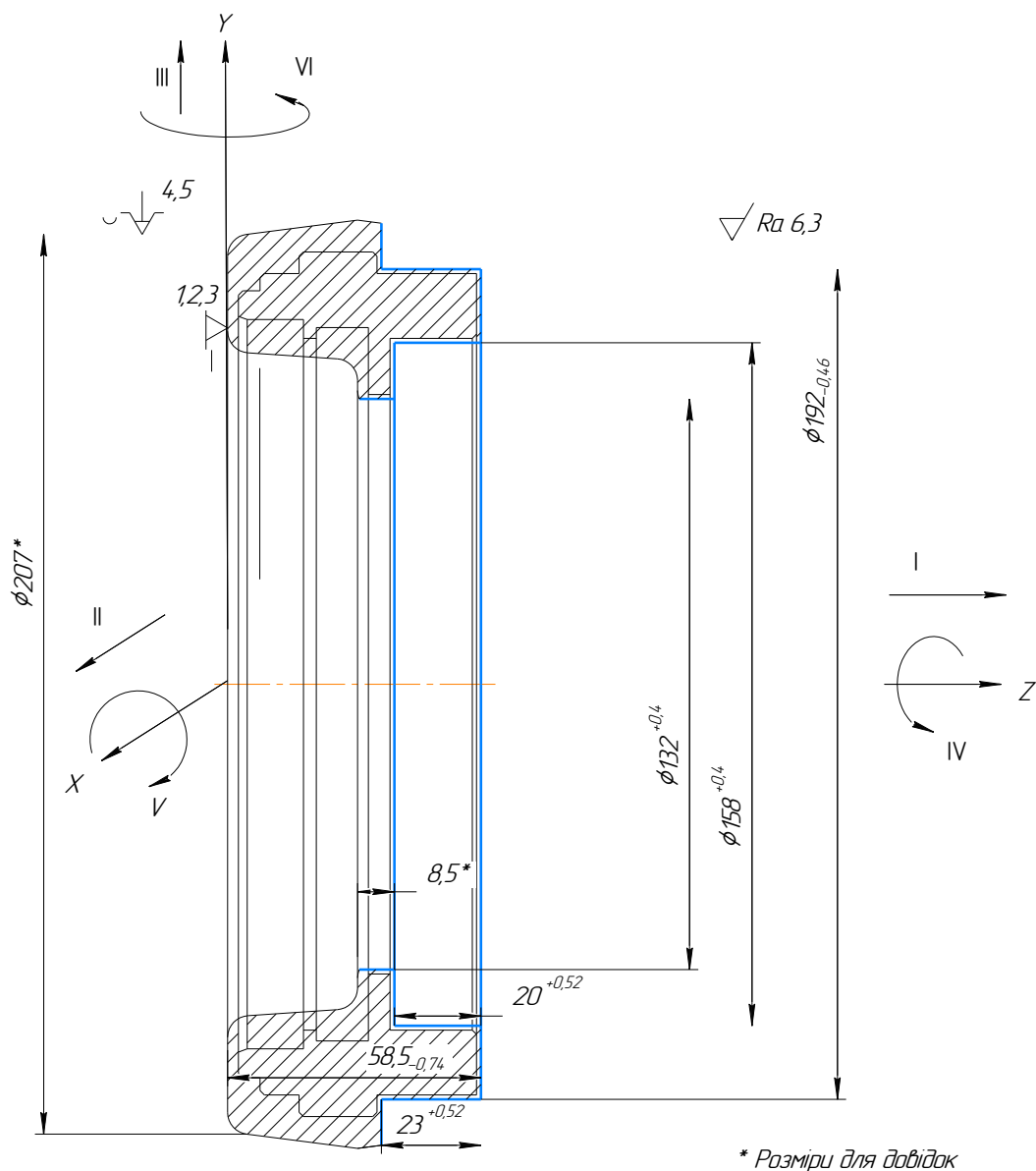


Рисунок 2.3 – Базування в трьохкулачковому патроні на операції 015

Таблиця 2.4 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені вільності	Назви баз
1, 2, 3	I, V, VI	Установча
4, 5	II, III	Подвійна опорна
6	IV	Вакансія

Таблиця 2.5 – Матриця зв'язків

X, Y, Z/l, $\alpha$	X	Y	Z	Назви баз
<i>l</i>	1	0	0	Установлювальна
$\alpha$	0	1	1	
<i>l</i> $\Sigma$	1	1	0	Подвійна опорна
$\alpha$	0	0	0	
<i>l</i>	0	0	0	Вакансія
$\alpha$	0	0	0	
$\Sigma$	1	2	1	5 ступенів

Розглянемо базування заготовки на токарній операції 015 в розтиск за поверхню  $\varnothing 129$  мм, рисунок 6.3. Дана схема по базуванню тотожна попередній.

Похибка базування для діаметральних розмірів буде дорівнювати нулю, так як центрування заготовки відбуватиметься за рахунок використання самоцентруючого патрону.

Похибки базування на лінійні розміри будуть тотожними попередній схемі, але закріплення в розтиск не надійне (враховуючи що заготовка яка приходить на операцію – поковка), відповідно можливий вирив заготовки під дією сил різання, тому більш доцільно обрати першу схему базування.

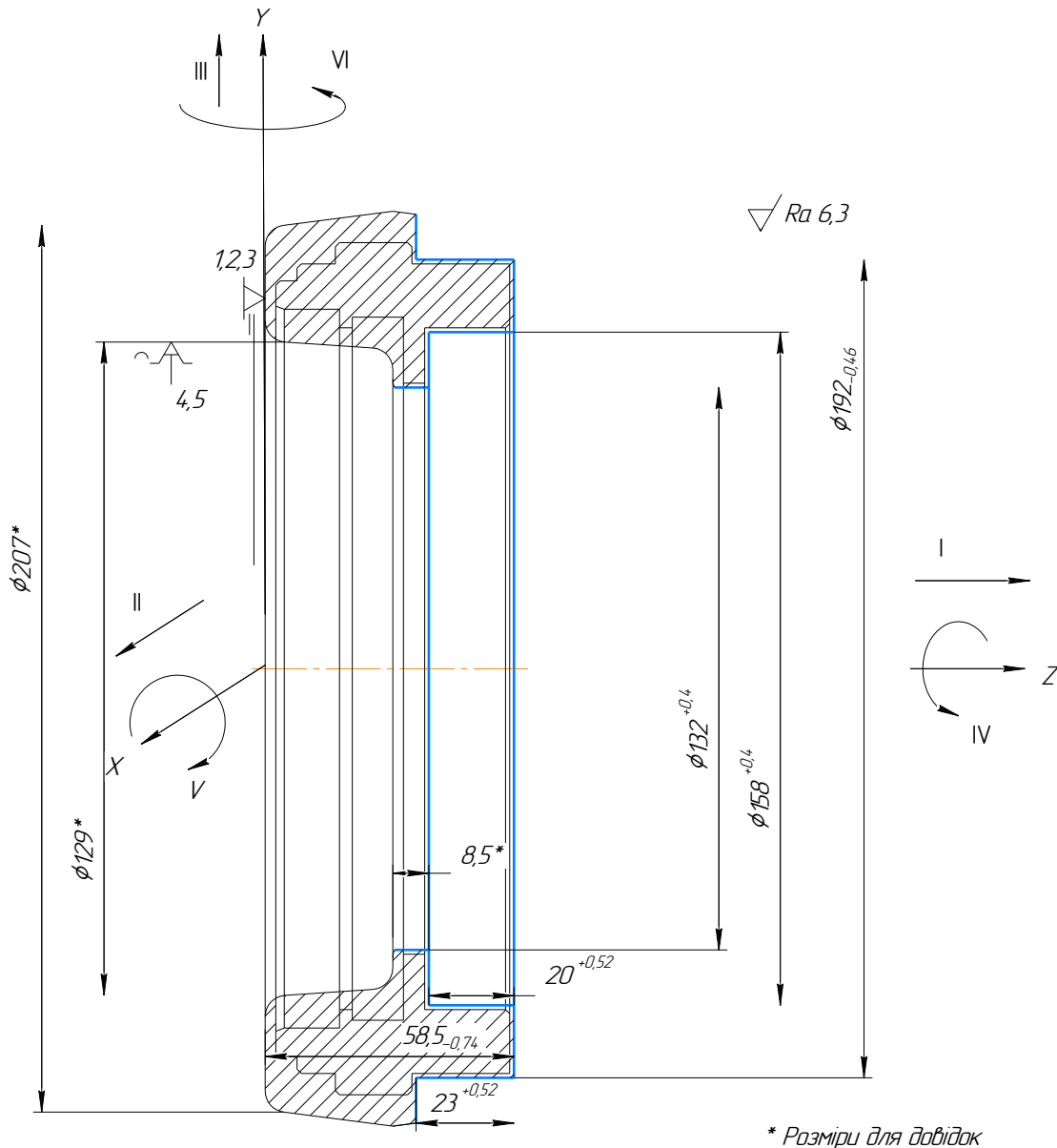


Рисунок 2.4 – Альтернативне базування в трьохкулачковому патроні на операції 015

На операції 025 токарній з ЧПК з одного установу виконується обробка внутрішніх та зовнішніх циліндричних поверхонь та торців заготовки.

Розглянемо базування заготовки в трьохкулачковому самоцентруючому патроні, рисунок 2.3. Дана схема передбачає установчу та подвійно опорну бази, заготовка полишається п'яти ступенів вільності: переміщення по вісям X, Y та Z, обертання по X та Y.

Похибка базування для діаметральних розмірів буде дорівнювати нулю, так як центрування заготовки відбудуватиметься за рахунок використання самоцентруючого патрону.

Похибка базування для лінійного розміру 56 мм також зведеться до нуля, так як співпадає вимірювальна та технологічні бази – лівий базовий торець.

Похибка базування для розміру 23 та 20 мм дорівнюватиме допуску на розмір 56 мм, який зв'язує технологічну (лівий торець заготовки) та вимірювальну (правий торець заготовки) бази:  $\varepsilon_{\delta} = 0,4$  мм, але у даному випадку значення похибки базування буде знівельовано за рахунок обробки поверхонь на одному установі на верстаті з ЧПК, тому превалюючою похибкою у даному випадку слід вважати похибу позиціонування верстата:  $E_{\text{поз}} = \pm 0,005$  мм = 0,01 мм, що менше допусків на виконувани розміри.

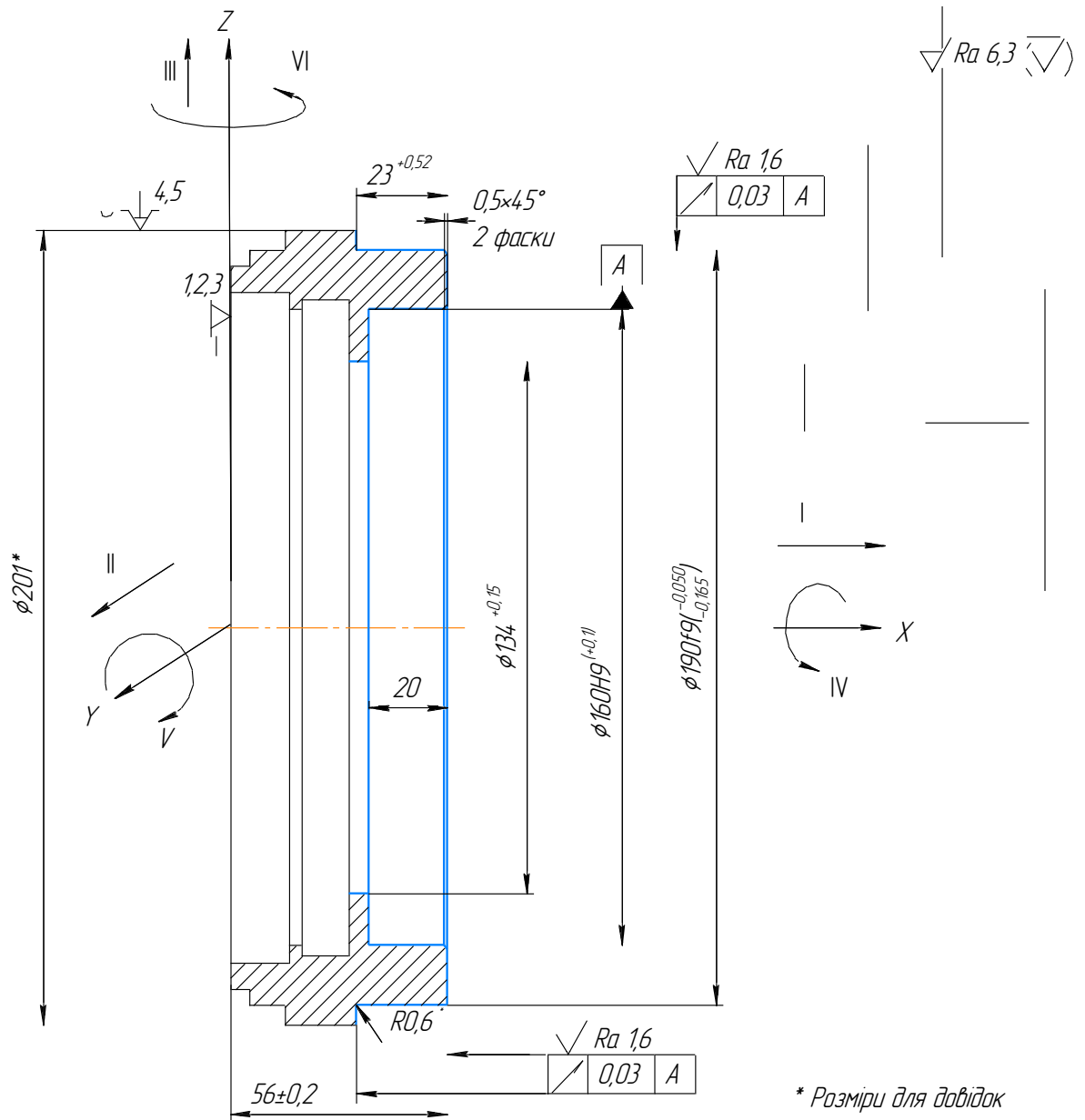


Рисунок 2.5 – Базування в трьохкулачковому патроні

Таблиця 2.6 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені вільності	Назви баз
1, 2, 3	I, V, VI	Установча
4, 5	II, III	Подвійна опорна
6	IV	Вакансія

Таблиця 2.7 – Матриця зв'язків

X,Y,Z/l, $\alpha$	X	Y	Z	Назви баз
$l$	1	0	0	Установлювальна
$\alpha$	0	1	1	
$l \Sigma$	1	1	0	Подвійна опорна
$\alpha$	0	0	0	
$l$	0	0	0	Вакансія
$\alpha$	0	0	0	
$\Sigma$	1	2	1	5 ступенів

Розглянемо базування заготовки на токарній операції в розтиск за поверхню  $\varnothing 170$  мм, рисунок 6.3. Дана схема по базуванню тотожна попередній.

Похибка базування для діаметральних розмірів буде дорівнювати нулю, так як центрування заготовки відбуватиметься за рахунок використання самоцентруючого патрону.

Похибки базування на лінійні розміри будуть тотожними попередній схемі, але закріплення в розтиск не надійне, відповідно можливий вирив заготовки під дією сил різання, тому більш доцільно обрати першу схему базування.

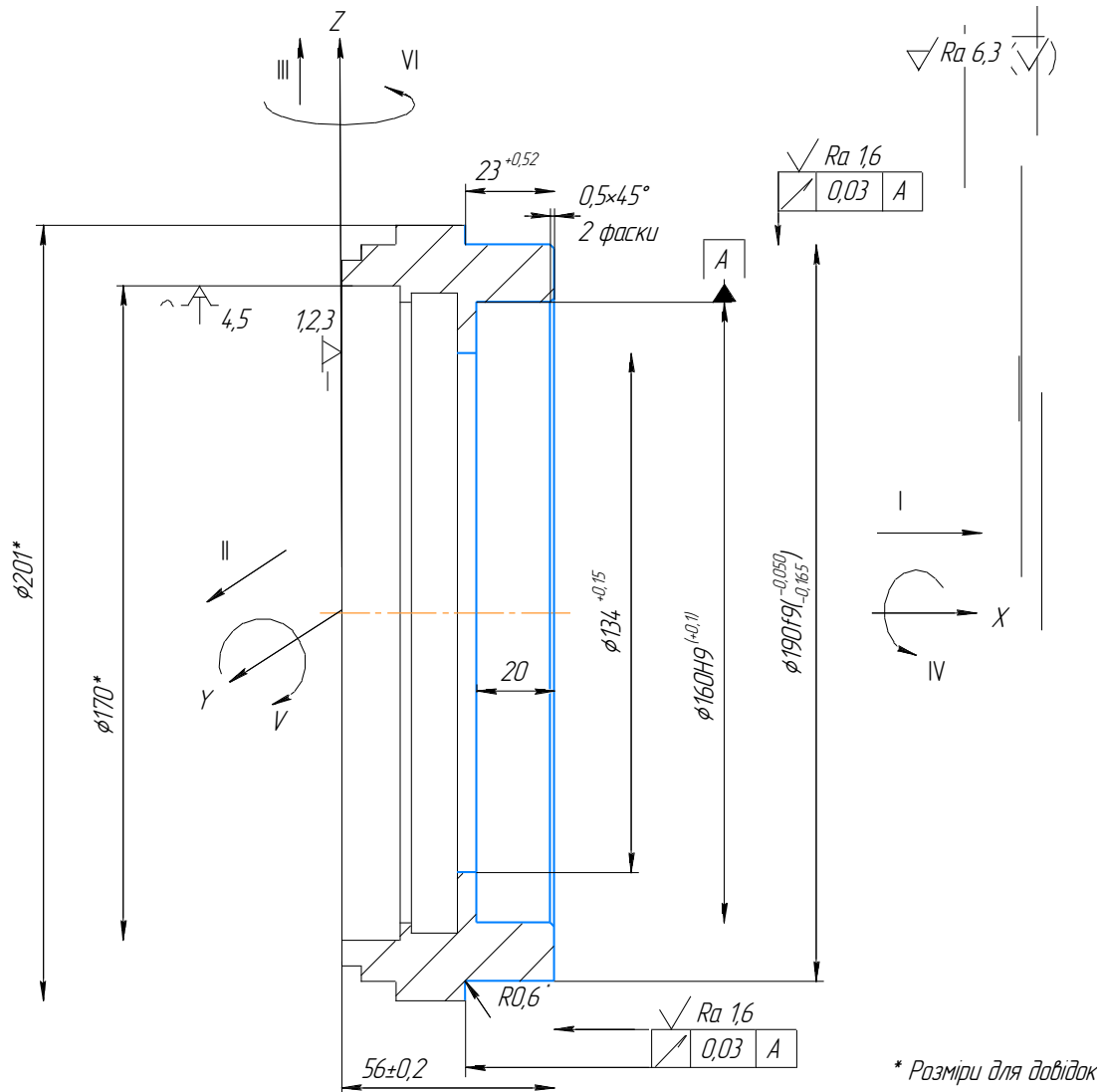


Рисунок 2.6 – Базування в розтиск

Операція 035 – фрезерна з ЧПК.

На операції 035 відбувається обробка отворів та пазу з одного установу. Розглянемо базування заготовки на рисунку 6.4. Дана схема передбачає встановлювальну, подвійну опорну бази, заготовка буде позбавлена п'яти ступенів вільності (табл. 2.8 та 2.9).



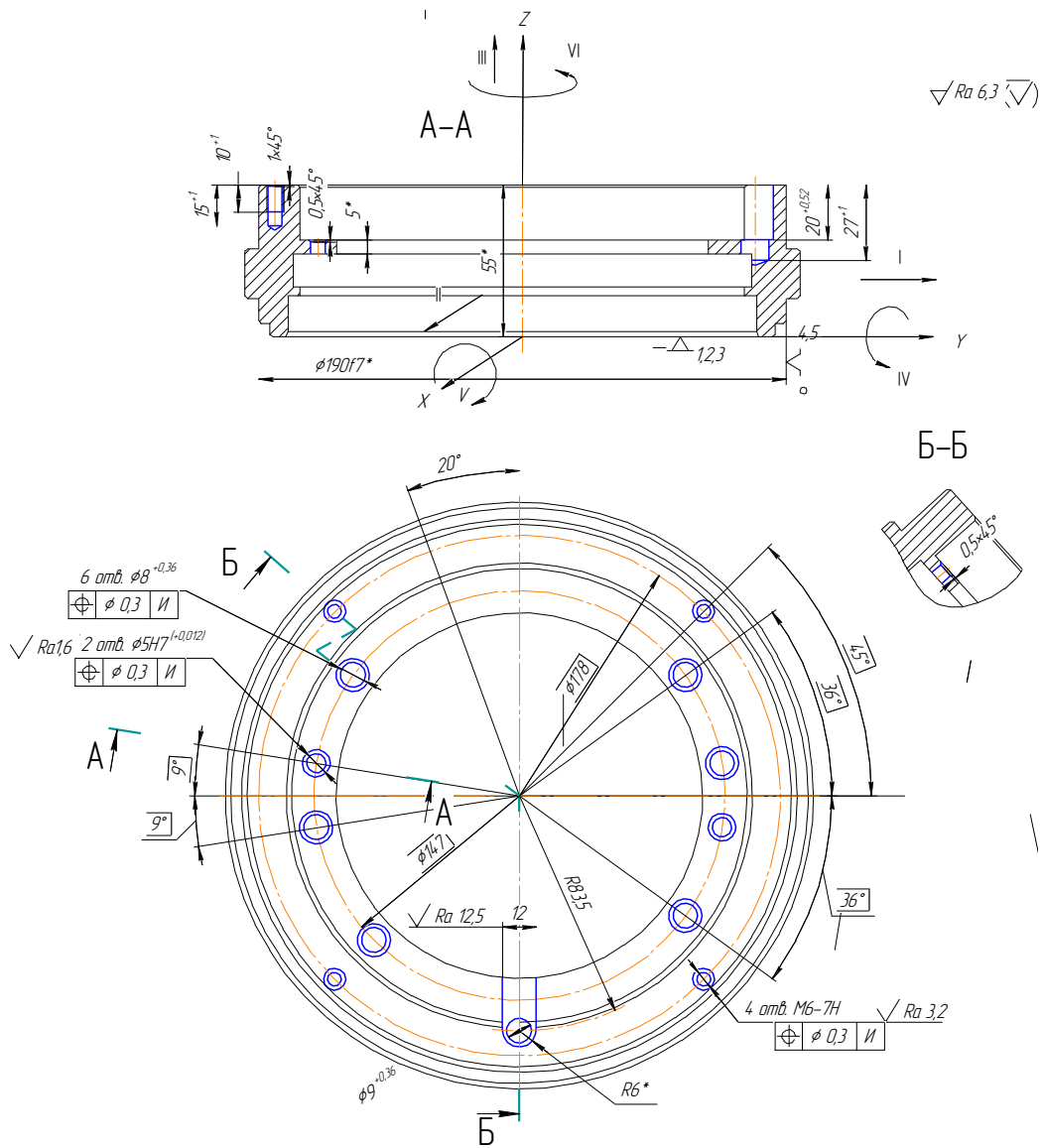


Рисунок 2.7 – Схема базування на фрезерній операції 035

Таблиця 2.8 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені вільності	Назви баз
1, 2, 3	III, IV, V	Встановлювальна
4,5	I, II	Подвійно опорна
6	VI	Вакансія

Таблиця 2.9 – Матриця зв'язків

X,Y,Z/l, $\alpha$	X	Y	Z	Назви баз
$l$	0	0	1	Установча
$\alpha$	0	1	0	
$l$	1	1	0	Подвійно опорна
$\alpha$	0	0	0	
$l$	0	0	0	Вакансія
$\alpha$	0	0	1	
$\Sigma$	2	2	2	5 ступенів

Похибка базування на глибину отворів  $\varnothing 8$ ,  $\varnothing 5$  буде дорівнювати нулю, так як обробка буде виконуватись на прохід.

Похибка базування для глибини отворів М6-7Н, глибина паза мм буде дорівнювати допуску на розмір котрий зеднує вимірювальну та технологічну бази – це установчий торець, та дорівнюватиме  $E_6=T_{55}=0,3$  мм, що менше допусків на виконувані розміри.

Так як буде використовувати оправка то похибка базування на розташування пазів, відносно вісі деталі, буде дорівнювати [4].

$$\varepsilon_{\text{поз}} = T_A + T_B + 2 \Delta,$$

де  $T_A = 0,029$  мм – допуск на діаметр базової оправки  $\varnothing 190H6(+0,029)$  мм;

$T_B = 0,046$  мм – допуск на діаметр базової поверхні деталі  $\varnothing 190f7(-0,05/-0,096)$  мм;

$2\Delta = 0,05 \cdot 2 = 0,1$  мм – подвійний мінімальний зазор посадки заготовки на оправку.

$\varepsilon_{\text{поз}} = 0,1 + 0,029 + 0,046 = 0,175$  мм, обробка можлива так як похибка базування менше допуску позиціювання,  $\varepsilon_{\text{поз}} = 0,175 < T = 0,3$  мм (позиційний допуск зазначений конструктором на кресленні).

Похибка базування на ширину пазу, розмір 12, буде забезпечуватись інструментом – шириною кінцевої фрези.

Розглянемо базування заготовки в патроні, котрий попередньо закріплюється на столі верстата, рисунок 6.5. Дана схема передбачає також установчу та

подвійно-опорну бази. Похибки базування для лінійних розмірів тотожні попередній схемі, але при фрезеруванні виникають досить великі сили різання та для їх компенсації необхідно затиск заготовки через кулаки з досить великою ймовірністю деформації деталі, що недопустимо для тонкостінної чистової деталі, також необхідно зазначити, що закріплення заготовки в пристосуванні дозволить точно виконати базування без перепривязування «нуля деталі» при установці кожної заготовки. З двох схем більш доцільно обрати перший варіант так як він конструктивно легший в реалізації.

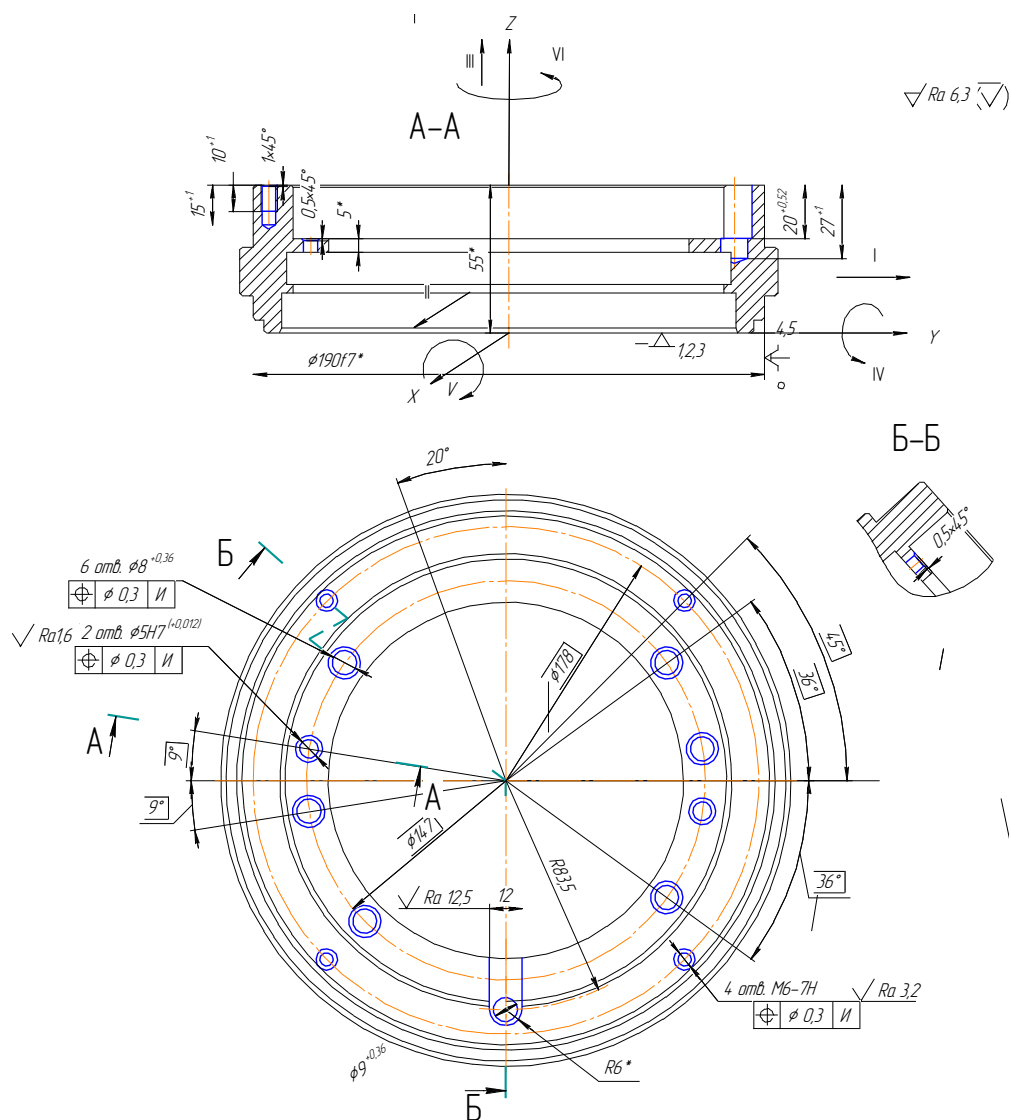


Рисунок 2.8 – Альтернативна схема базування на операції 035

Операція 040 – фрезерна з ЧПК.

На операції 040 відбувається обробка пазів з одного установу. Розглянемо базування заготовки на рисунок 2.9. Дана схема передбачає встановлювальну,

подвійну опорну та опорну бази, заготовка буде збавлена шести ступенів вільності (табл/ 6.6 та 6.7).

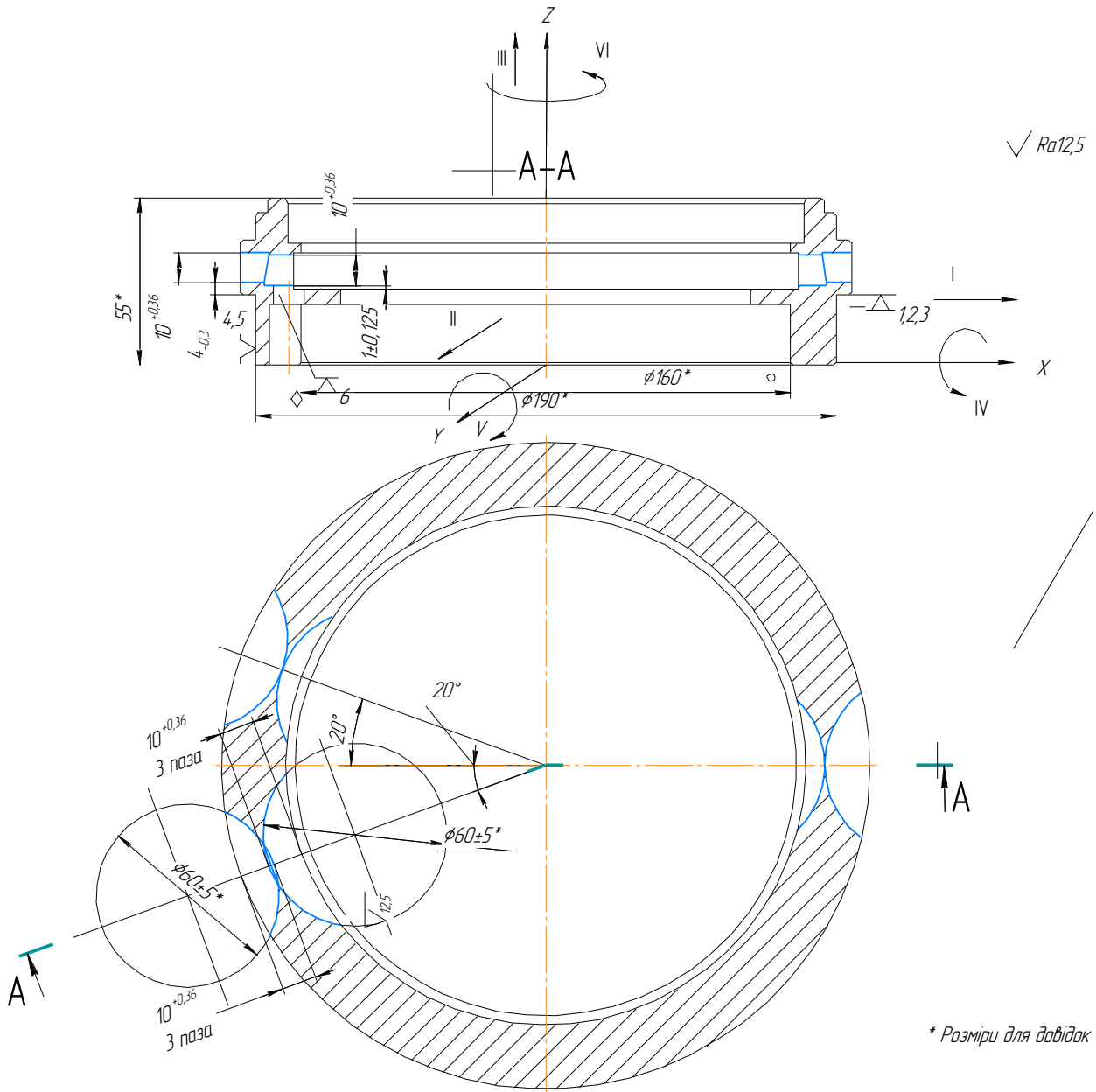


Рисунок 2.9 – Схема базування деталі на фрезерній операції

Таблиця 2.10 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені вільності	Назви баз
1, 2, 3	III, IV, V	Встановлювальна
4,5	I, II	Подвійно опорна
6	VI	Опорна

Таблиця 2.11 – Матриця зв'язків

X,Y,Z/l, $\alpha$	X	Y	Z	Назви баз
<i>l</i>	0	0	1	Встановлювальна
$\alpha$	1	1	0	
<i>l</i>	1	1	0	Подвійно-опорна
$\alpha$	0	0	0	
<i>l</i>	0	0	0	Опорна
$\alpha$	0	0	1	
$\Sigma$	2	2	2	6 ступенів

Похибка базування для розміру 4 мм буде дорівнювати нулю так як співпаде вимірювальна та технологічна бази.

Так як буде використовувати оправка то похибка базування на розташування пазів, відносно вісі деталі, буде дорівнювати [4].

$$\varepsilon_{\text{поз}} = T_A + T_B + 2 \Delta,$$

де  $T_A = 0,1$  мм – допуск на діаметр базового отвору  $\varnothing 160H9^{(+0,1)}$  мм;

$T_B = 0,022$  мм – допуск на діаметр базової оправки  $\varnothing 160f6^{(-0,043)}_{(-0,068)}$  мм;

$2 \Delta = 0,043 \cdot 2 = 0,086$  мм - подвійний мінімальний зазор посадки заготовки на оправку.

$\varepsilon_{\text{поз}} = 0,1 + 0,025 + 0,086 = 0,208$  мм, обробка можлива так як похибка базування менше допуску позиціювання,  $\varepsilon_{\text{поз}} = 0,208 < T = 0,3$  мм (позиційний допуск зазначений конструктором на кресленні).

Похибка базування на ширину пазу, розмір 10, буде забезпечуватись інструментом - шириною дискової фрези.

Розглянемо базування заготовки в патроні, котрий попередньо закріплюється на столі верстата, рисунок 6.7. Дана схема передбачає також установчу та подвійно-опорну бази. Похибки базування тотожні попередній схемі, але при фрезеруванні виникають досить великі сили різання та для їх компенсації необхідно затиск заготовки через кулаки з досить великою ймовірністю деформації деталі, що недопустимо для тонкостінної чистової деталі.

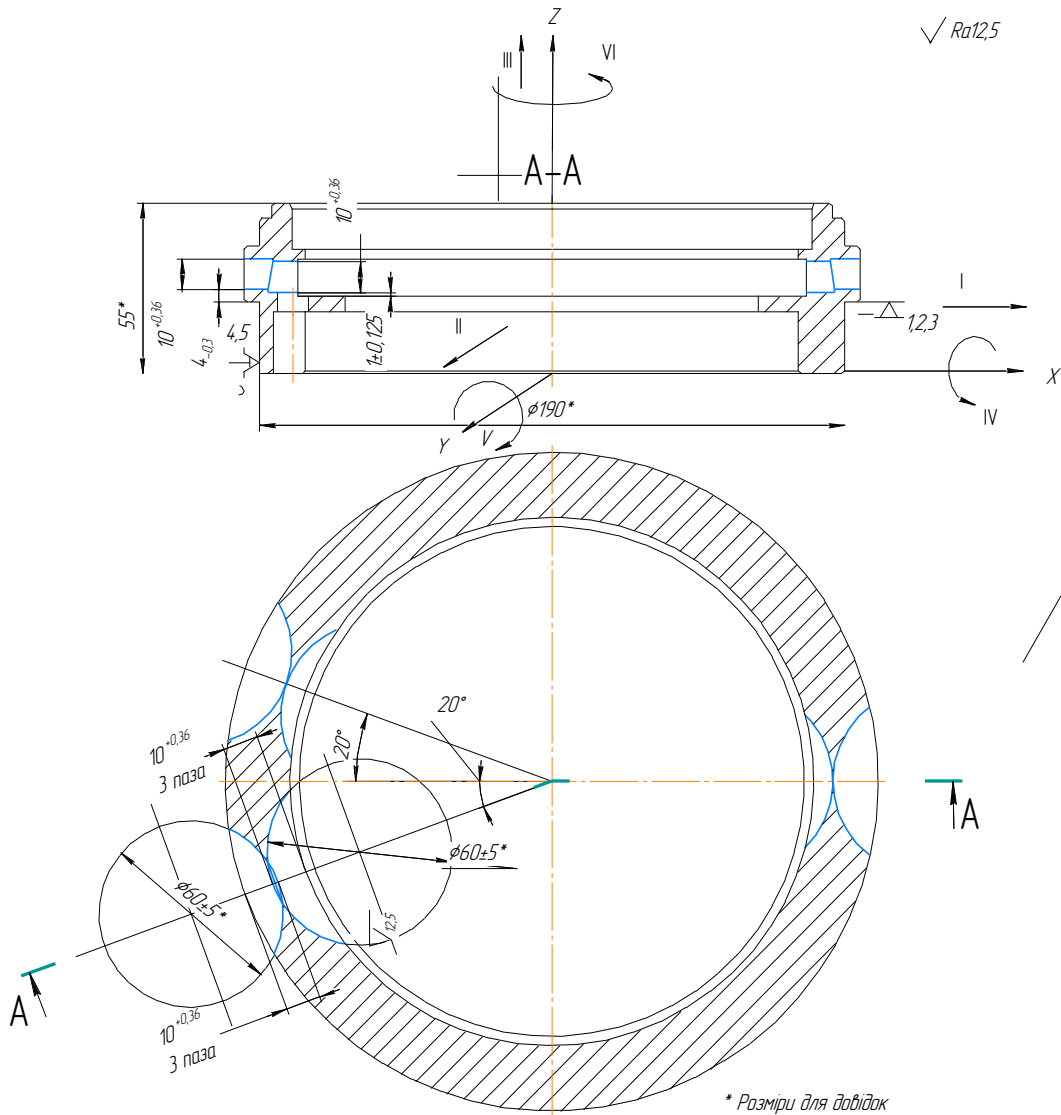


Рисунок 2.10 – Альтернативна схема базування на фрезерній операції 040

З двох схем більш доцільно обрати перший варіант так як він конструктивно легший в реалізації.

## 2.5 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів

Операція 015 та 025 – токарна з ЧПК.

На операції з одного установу оброблюються циліндричні зовнішні та розточуються внутрішні поверхні заготовки.

В базовому технологічному процесі використовується універсальне обладнання, а саме верста моделі 16K25 який в наш час є морально та фізично

застарілим, а також менш продуктивний, який потребує високу кваліфікацію робочого, та не завжди дає високу точність обробки. В якості замітника беремо верстат з ЧПК моделі VIPER 300, який не дорогий в своєму класі, та відповідає технологічним потребам.

Порівнюючи верстат моделі VIPER 300 та 16K25 обираємо обладнання яке підходить за таким технологічним ознаками:

- технологічні методи обробки поверхонь: для обробки поверхонь було розглянуто перелік верстатів, проаналізувавши, був обраний токарно-гвинторізний верстат з ЧПК моделі VIPER 300, так як оброблювані поверхні є досить прості і чорнова обробка повинна виконуватись на дешевому обладнанні;

- потужність двигуна: верстат даної моделі оснащений 12 кВт двигуном, якого достатньо для обробки поверхонь;

- габарити робочого простору: дане обладнання може обробити заготовку;

Порівняльна характеристика верстатів наведена в таблиці 6.8.

Таблиця 2.12 – Основні технічні характеристики верстатів

Характеристика	Значення	
	16K25	VIPER 300
найбільший діаметр оброблюваний над станиною, мм	500	300
найбільша довжина оброблюваної заготовки, мм	710	1500
частота обертання шпинделя, об/хв	12,5-1600	0-5000
кількість швидкостей шпинделя	24	б/с
повздовжня подача суппорта, мм/об	0,05-2,8	б/с
поперечна подача суппорта, мм/об	0,025-1,4	б/с
потужність електродвигуна головного руху, кВт	11	12
маса обладнання, кг	2925	4800

Операція 030 та 040 – фрезерна з ЧПК.

На фрезерній з ЧПК операції будуть обробляться 3 пази шириною 10 мм.

В базовому технологічному процесі використовується вітчизняне обладнання, а саме верстат моделі 6P13, який є вже застарілим, і може не давати тієї точності, що зарегламентував конструктор по кресленню деталі, потребує



довгої наладки та високої кваліфікації робочого і виключає розмічувальну операцію, а також є морально та фізично застарілим. Віддаючи перевагу сучасному обладнанню доцільно обрати верстат з ЧПК HAAS VF400, що виключає людський фактор в похибках обробки, а також є більш точним і продуктивним

Для обробки поверхонь були розглянуті два вертикально-фрезерні верстати 6P13 та HAAS VF400. Проаналізувавши, був обраний верстат моделі HAAS VF400, так як верстат з ЧПУ дозволить зменшити час обробки, вихід ріжучого інструменту в вихідні точки, швидке переміщення між вихідними точками і відповідно зменшить собівартість деталі, а також виключити людський фактор.

Вибір обладнання був зроблений з урахуванням таких технологічних ознак:

- технологічні методи обробки поверхонь: для обробки поверхонь було розглянуто перелік верстатів, проаналізувавши, був обраний фрезерний верстат з ЧПК моделі HAAS VF400, так як дане обладнання дозволить швидше виходити ріжучому інструменту в задану точку, зменшити час обробки;

- потужність двигуна: верстат даної моделі оснащений 10 кВт двигуном, якого достатньо для фрезерування пазу;

- габарити робочого простору: дане обладнання має стіл з робочими розмірами 300x800 мм, що дозволяє встановити заготовку разом з верстатним пристроєм;

- тип виробництва: при дрібносерійному виробництві перевага віддається універсальному устаткуванню з ЧПК, таким обладнанням є верстат моделі DNM300.

Порівняльна характеристика верстатів наведена в таблиці 6.9.

Таблиця 2.13 – Основні технічні характеристики вертикально-фрезерного верстата з ЧПК моделі HAAS VF400

Параметр верстата	Параметр	
	6P13	HAAS VF400
розміри робочої поверхні стола, мм	300x1200	400x600
найбільші переміщення стола, мм/хв: повздовжнє	1000	500

поперечне	300	300
вертикальне	400	400
число швидкостей шпинделя	16	б/с
частота обертання шпинделя, об/хв	50-2000	0-4000
потужність електродвигуна головного приводу, кВт	6	10

## 2.6 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів

Вибір верстатних пристроїв виконують враховуючи тип виробництва, тривалість випуску та коефіцієнт завантаження верстатів. При виборі різальних інструментів увагу звертають на матеріал заготовки, геометрію різальної частини інструментів, габарити заготовки.

Для цього враховують:

- а) методи обробки поверхонь;
- б) етапи обробки;
- в) використання ЗОР та їх вид;
- г) габарити верстатів;
- д) матеріал заготовки та її стан.

При виборі контрольно-вимірювальних інструментів до уваги беруться точність вимірювання, трудомісткість вимірювання та тип виробництва.

Операція 015 – токарна з ЧПК.

патрон 7100-0067 ГОСТ 2675-80, патрон токарний трьохкулачковий, використовується для закріплення заготовки;

- різець 2102-1371 ВК8 ГОСТ 24996-81 – різець токарний, зі змінною твёрдосплавною пластиною ВК8, виконує обробку як циліндричних поверхонь так і торців. Розмір державки 25x25 мм;

- різець 2145-0605 ВК8 ГОСТ 20874-75 – різець токарний розточний, зі змінною твёрдосплавною пластиною ВК4, виконує обробку центрального отвора;

- зразки шорсткості ГОСТ 3789-73 - для контролю шорсткості оброблюваних поверхонь;
- штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1, ШЦ-II-250-0,1, ШЦ-II-400-0,1 ГОСТ 166-89 – необхідний для контролю виконаних поверхонь (по 12-14 квалітету) на операції;
- індикатор годинникового типу.

. При обранні використовуємо довідникову літературу [3], [11].

Операція 025 – токарна з ЧПК.

патрон 7100-0067 ГОСТ 2675-80, патрон токарний трьохкулачковий, використовується для закріплення заготовки;

- різець 2102-1371 ВК4 ГОСТ 24996-81 – різець токарний, зі змінною твердосплавною пластиною ВК4, виконує обробку як циліндричних поверхонь так і торців. Розмір державки 25x25 мм;
- різець 2145-0605 ВК4 ГОСТ 20874-75 – різець токарний розточний, зі змінною твердосплавною пластиною ВК4, виконує обробку центрального отвора;
- зразки шорсткості ГОСТ 3789-73 - для контролю шорсткості оброблюваних поверхонь;
- штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1, ШЦ-II-250-0,1, ШЦ-II-400-0,1 ГОСТ 166-89 – необхідний для контролю виконаних поверхонь (по 12-14 квалітету) на операції;
- індикатор годинникового типу.

Операція 035 – фрезерна з ЧПК.

Для обробки пазів будемо використовувати:

- пристрій спеціальний - для закріплення заготовки;
- свердло 2300-0173 Р6М5 ГОСТ 10902-77 – спіральне свердло Ø4,8 під розгортку;
- свердло 2300-0174 Р6М5 ГОСТ 10902-77 – свердло спіральне Ø5 під нарізання різі М6-7Н;
- свердло 2300-3439 Р6М5 ГОСТ 10902-77 – свердло спіральне Ø8;
- свердло 2300-3459 Р6М5 ГОСТ 10902-77 – свердло спіральне Ø9;
- зенківка 2323-0526 Р6М5 ГОСТ 12489-71 – зенківка 90°;
- розгортка 2363-0060 Р6М5 Н7 ГОСТ 1672-80 – розгортка для виконання Ø5Н7;

- мітчик 2620-3748 7Н Р6М5 ГОСТ 3266-81 – мітчик для нарізки різі М6-7Н;
- цанговий патрон 6-50-9 ГОСТ 2876-80 – для закріплення свердо та розгортки;
- втулка 6100-0236 ГОСТ 1359978 – для установки зенківки;
- штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89 - для контролю лінійних розмірів;
- зразки шорсткості ГОСТ 3789-73 - для контролю шорсткості оброблюваних поверхонь;
- пробка 8221-3046 7Н ГОСТ 17758-72 пробка різьбова ПР/НЕ для контролю різі М6-7Н.
- пробка 8133-0910 Н7 ГОСТ 14810-69 – пробка гладка ПР/НЕ для контролю Ø5Н7.

Операція 040 – фрезерна з ЧПК.

Для обробки пазів будемо використовувати:

- пристрій спеціальний - для закріплення заготовки;
- фреза 2240-0365 ВК8 ГОСТ 28527-90 – фреза дискова ø60, В=10 мм;
- оправка 6100-0312 ГОСТ 13598-85, необхідна для базування фрези в шпинделі верстата;
- штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89 - для контролю лінійних розмірів;
- зразки шорсткості ГОСТ 3789-73 - для контролю шорсткості оброблюваних поверхонь;
- шаблон спеціальний для контролю пазу.

## **2.7 Розрахунок режимів різання**

Операція 015 – токарна з ЧПК.

Токарна операція складається з одного установу на якому відбувається чорнова обробка поверхонь деталі.

Проведемо розрахунок аналітичним методом точіння  $\varnothing 192$  мм.

Вихідні дані: Оброблюваний матеріал – сталь 12Х18Н10Т з межею міцності  $\sigma_B=750$  МПа. Спосіб отримання заготовки – вільне кування на КГШП, обробка чистова, різцем ВК8.

Режими різання розраховуємо використовуючи літературу [4]

1. Глибина різання дорівнює:  $t=1,5$  мм.

2. Подача складатиме  $S=0,4$  мм/об (з урахуванням поправочних коефіцієнтів)

$K_{Sd}=0,9$  – перетин державки;

$K_{SN}=1,0$  – міцність різальної частини;

$K_{SM}=0,8$  – механічні властивості оброблюваного матеріалу;

$K_{SY}=0,9$  – схема установки;

$K_{SP}=1,0$  – стан поверхні;

$K_{S\phi}=1,0$  – геометрія різця.

$$S=S_{\text{доп}} \cdot K_{Sd} \cdot K_{SN} \cdot K_{SM} \cdot K_{SY} \cdot K_{SP} \cdot K_{S\phi} = \\ = 0,45 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,38 \text{ мм/об,}$$

приймаємо 0,4 мм/об.

3. Стійкість ріжучого інструменту  $T=40$  хв.

4. Знаходимо швидкість різання за формулою (2.5):

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} x_s^y} K_v, \quad (2.5)$$

де  $C_v=350$ ,  $x=0,15$ ,  $y=0,45$ ,  $m=0,2$  – коефіцієнти та показники в формулі швидкості різання;

$K_v$  – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, враховуючий фактичні умови різання та знаходиться за формулою:

$$K_v = K^{Mv} K^{Pv} K^{Iv}, \quad (2.6)$$

де  $K^{Mv}$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу;

$K^{Iv} = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий поверхню заготовки:

$K^{MV} = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий інструментальний матеріал.

Коефіцієнт  $K^{MV}$  розраховується за формулою:

$$K_{MV} = K^r (750/\sigma_B)^{n_V}, \quad (2.7)$$

де  $K^r = 1,0$  – коефіцієнт, враховуючий групу сталі;

$n_V = 1,0$  – показник степені.

Тоді:

$$K_{MV} = 1,0 \cdot (750/750)^{1,0} = 1;$$

$$K_V = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1 = 1.$$

З урахуванням показників знаходимо швидкість різання:

$$V = \frac{350}{40^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,45}} 1 = 118,9 \text{ м/хв.}$$

5. Знаходимо частоту обертання шпинделя по формулі:

$$n_{ш} = \frac{1000V}{\pi \cdot D}; \quad (2.8)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 118,9}{3,14 \cdot 192} = 197,3 \text{ об/хв.}, \text{ приймаємо } 200 \text{ об/хв.}$$

6. З урахуванням прийнятого значення розраховуємо фактичну швидкість різання по формулі (2.9):

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}; \quad (2.9)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 192 \cdot 200}{1000} = 120,5 \text{ м/хв.}$$

7. Знаходимо силу різання за формулою:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

де  $C_p = 300$ ,  $x = 1,0$ ,  $y = 0,75$ ,  $n = -0,15$  - значення коефіцієнтів та показників в формулі сили різання при точінні;

$K_p = 1$  - коефіцієнт враховуючий фактичні умови обробки,

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 120^{-0,15} \cdot 1,0 = 1385 \text{ Н.}$$

8. Потужність різання знаходимо за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1385 \cdot 120}{1020 \cdot 60} = 2,9 \text{ кВт.} \quad (2.10)$$

Потужність різання менше потужності верстата з урахуванням ККД (0,8) ( $2,9 < 12 \cdot 0,8$  кВт), а отже обробка можлива.

9. Розраховуємо основний час по формулі:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S_m} i$$

де  $L = 23 + 5 = 28$  мм - довжина обробки з урахуванням врізання;

$n = 200$  об/хв - частота обертання шпинделя;

$S_m = 0,4$  мм/об - подача;

$i = 5$  - кількість проходів,

$$T_o = \frac{28}{200 \cdot 0,4} 5 = 1,8 \text{ хв}$$

Для інших переходів режими різання заносимо до таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Зведена таблиця режимів різання операції 015

Поверхня	t, мм	i	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	L, мм	T <sub>o</sub> , хв
Підрізати торець ø192	1	2	0,4	129,9	200	20	0,3
Точити ø192	1,5	4	0,4	120,5	200	28	1,8
Підрізати торець ø207	1	1	0,4	120,5	200	10	0,2

Розточити Ø158	1	6	0,4	124	250	25	1
Підрізати торець Ø158	1	1	0,4	124	250	17	0,1
Розточити Ø132	1	2	0,4	145	250	12	0,3
$\sum T_0$							3,7

Операція 025 – токарна з ЧПК.

Токарна операція складається з одного установу на якому відбувається чистова обробка.

Проведемо розрахунок аналітичним методом точіння Ø190 мм.

Вихідні дані: Оброблюваний матеріал – сталь 12Х18Н10Т з межею міцності  $\sigma_B=750$  МПа. Спосіб отримання заготовки – вільне кування на КГШП, обробка чистова, різцем ВК4.

1. Глибина різання дорівнює:  $t=0,5$  мм.

2. Подача складатиме  $S = 0,4$  мм/об (з урахуванням поправочних коефіцієнтів)

$K_{Sd}=0,9$  – перетин державки;

$K_{SN}=1,0$  – міцність різальної частини;

$K_{SM}=0,8$  – механічні властивості оброблюваного матеріалу;

$K_{SY}=0,9$  – схема установки;

$K_{SP}=1,0$  – стан поверхні;

$K_{S\phi}=1,0$  – геометрія різця.

$$S=S_{\text{доп}} \cdot K_{Sd} \cdot K_{SN} \cdot K_{SM} \cdot K_{SY} \cdot K_{SP} \cdot K_{S\phi} =$$

$$= 0,45 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,38 \text{ мм/об,}$$

приймаємо 0,4 мм/об.

3. Стійкість різучого інструменту  $T=60$  хв.



4. Знаходимо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} x_s^y} K_v, \quad (2.11)$$

де  $C_v = 350$ ,  $x = 0,15$ ,  $y = 0,45$ ,  $m = 0,2$  – коефіцієнти та показники в формулі швидкості різання;

$K_v$  – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, враховуючий фактичні умови різання та знаходиться за формулою:

$$K_v = K^{MV} K^{PV} K^{IV}, \quad (2.12)$$

де  $K^{MV}$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріала;

$K^{PV} = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий поверхню заготовки;

$K^{IV} = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий інструментальний матеріал.

Коефіцієнт  $K^{MV}$  розраховується за формулою:

$$K_{MV} = K^r (750/\sigma_B)^{n_v},$$

де  $K^r = 1,0$  – коефіцієнт, враховуючий групу сталі;

$n_v = 1,0$  – показник степені.

Тоді:

$$K_{MV} = 1,0 \cdot (750/750)^{1,0} = 1;$$

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1 = 1.$$

З урахуванням показників знаходимо швидкість різання:

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,45}} 1 = 128,6 \text{ м/хв.}$$

5. Знаходимо частоту обертання шпинделя по формулі:

$$n_{ш} = \frac{1000V}{\pi \cdot D} ; \quad (2.13)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 128,6}{3,14 \cdot 190} = 215 \text{ об/хв.}$$

6. З урахуванням прийнятого значення розраховуємо фактичну швидкість різання по формулі:

$$V\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} ; \quad (2.14)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 190 \cdot 215}{1000} = 128,3 \text{ м/хв.}$$

7. Знаходимо силу різання за формулою:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p ,$$

де  $C_p = 300$ ,  $x = 1,0$ ,  $y = 0,75$ ,  $n = -0,15$  - значення коефіцієнтів та показників в формулі сили різання при точінні;

$K_p = 1$  - коефіцієнт враховуючий фактичні умови обробки,

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 128^{-0,15} \cdot 1,0 = 1123 \text{ Н.}$$

8. Потужність різання знаходимо за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1123 \cdot 128}{1020 \cdot 60} = 2,3 \text{ кВт.} \quad (2.15)$$

Потужність різання менше потужності верстата з урахуванням ККД (0,8) ( $2,3 < 12 \cdot 0,8$  кВт), а отже обробка можлива.

9. Розраховуємо основний час по формулі:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S_m} i$$

де  $L = 23 + 5 = 28$  мм - довжина обробки з урахуванням врізання;

$n = 215$  об/хв - частота обертання шпинделя;

$S_m = 0,4$  мм/об - подача;

$i = 2$  - кількість проходів,

$$T_0 = \frac{28}{215 \cdot 0,4} \cdot 2 = 0,65 \text{ хв}$$

Для інших переходів режими різання заносимо до таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Зведена таблиця режимів різання операції 025

Поверхня	t, мм	i	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	L, мм	T <sub>0</sub> , хв
Підрізати торець ø190	1	1	0,4	128	225	18	0,15
Точити ø190	0,5	2	0,4	128	215	28	0,65
Підрізати торець ø201	1	1	0,4	128	215	7	0,1
Розточити ø160	0,5	2	0,35	150,7	250	25	0,8
Підрізати торець ø160	1	1	0,35	150,7	250	17	0,1
Розточити ø134	1	1	0,35	150,7	300	8	0,1
$\sum T_0$							1,9

Операція 035 – фрезерна з ЧПК.

На операції з одного установка виконуємо обробку отворів.

Проведемо розрахунок аналітичним методом свердління Ø8 мм.

Вихідні дані: Оброблюваний матеріал – сталь 12X18Н10Т з межею міцності  $\sigma_B=750$  МПа. Спосіб отримання заготовки – вільне кування на КГШП, обробка остаточна, спіральним свердлом з матеріалу Р6М5.

1. Глибина різання дорівнює  $t = \frac{8}{2} = 4$  мм.

2. Подача складатиме  $S=0,16$  мм/об (з урахуванням поправочних коефіцієнтів) [4, с.277].

3. Стійкість ріжучого інструменту  $T=35$  хв.

4. Знаходимо швидкість різання за формулою [4, с.276]:

$$V = \frac{C_v D^g}{T^m S^y} K_v, \quad (2.16)$$

де  $C_v = 3,5$ ,  $g = 0,5$ ,  $y = 0,45$ ,  $m = 0,12$  – коефіцієнти та показники в формулі швидкості різання [4, табл.28, с.278];

$K_v$  – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, враховуючий фактичні умови різання та знаходиться за формулою [4, с.282]:

$$K_v = K^{mv} K^{mv} K^{mv}, \quad (2.17)$$

де  $K^{mv}$  - поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив фізико-механічні властивості оброблює мого матеріала;

$K^{mv} = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий поверхню заготовки [4, табл.5];

$K^{mv} = 0,65$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий інструментального матеріалу [4, табл.6].

Коефіцієнт  $K^{mv}$  розраховується за формулою [4, табл.1]:

$$K_{MV} = K^r (750/\sigma_B)^{n_v}, \quad (2.18)$$

де  $K^r = 1,0$  – коефіцієнт, враховуючий групу сталі [4, табл.2];

$n_v = 1,0$  – показник степені [4, табл.2].

Тоді:

$$K_{MV} = 1,0 \cdot (750/1080)^{1,0} = 0,69.$$

$$K_v = 0,69 \cdot 1,0 \cdot 0,65 = 0,5.$$

З урахуванням показників знаходимо швидкість різання:

$$V = \frac{3,5 \cdot 8^{0,5}}{35^{0,12} \cdot 0,16^{0,45}} 0,5 = 16,2 \text{ м/хв.}$$

5. Знаходимо частоту обертання шпинделя по формулі:

$$n_{ш} = \frac{1000V}{\pi \cdot D}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 13,2}{3,14 \cdot 7,5} = 560,5 \text{ об/хв.}$$

Так як станок має безступінчасту коробку то коректувати оберти не будемо.

6. Знаходимо крутячий момент по формулі [7, с. 276]:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p, \quad (2.20)$$

де  $C_M = 0,041$ ,  $q = 2,0$ ,  $y = 0,7$  – коефіцієнти та показники в формулі [7, табл.32];

$K_p$  – поправочний коефіцієнт враховуючий вплив оброблює мого матеріалу [7, табл.9];

$$K_p = (\sigma_B / 750)^n,$$

де  $n = 0,3$  – показник [7, табл.9].

$$K_p = (\sigma_B / 750)^n = (1080 / 750)^{0,3} = 1,2.$$

З урахуванням поправочних коефіцієнтів маємо:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,041 \cdot 8^{2,0} \cdot 0,16^{0,7} \cdot 1,2 = 6,2 \text{ Нм.}$$

1. Знаходимо потужність необхідну для обробки по формулі:

$$N = \frac{M_{кр} n}{9750}. \quad (2.21)$$

$$N = \frac{6,2 \cdot 560}{9750} = 0,35 \text{ кВт.}$$

Потужність різання менше потужності верстата з урахуванням КПД (0,8) (1,4 < 70 · 0,8 кВт), обробка можлива.

2. Розраховуємо основний час по формулі:

$$T_o = \frac{L}{S_M} i$$

де  $L = 15$  мм - довжина свердління з урахуванням врізання;

$n = 560$  об/хв - частота обертів шпинделя;

$S = 0,16$  мм/об - подача;

$i=6$  – кількість проходів / отворів.

$$T_o = \frac{15}{560 \cdot 0,16} 6 = 0,3 \text{ хв.}$$

Для інших переходів режими різання заносимо до таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 - Зведена таблиця режимів різання операції 035

Поверхня	t, мм	i	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	L, мм	T <sub>0</sub> , хв
Свердлити ø8	4	6	0,16	16,2	560	15	0,3
Свердлити ø9	4,5	1	0,16	17,8	560	17	0,18
Свердлити ø4,8	2,4	2	0,12	12,1	800	15	0,3
Свердлити ø5	2,5	4	0,12	12,6	800	20	0,8
Розгорнути ø5Н7	0,2	2	0,2	9,0	600	17	0,14
Нарізати М6- 7Н	1	4	1	7,2	400	25	0,3
Зенкувати фаски	0,5	12	0,22	21,2	800	5	0,4
Фрезерувати паз	0,2	1	0,24	36,2	1000	25	0,1
$\sum T_0$							2,5

Операція 040 – фрезерна з ЧПК.

Розрахуємо аналітичним методом фрезерування пазу ø60.

Вихідні дані: Тип фрези – дискова. Матеріал ріжучої частини ВК8.  
Оброблюваний матеріал – сталь 12Х18Н10Т.

Глибина різання дорівнює  $t = 1$  мм. Ширина фрезерування дорівнює  $B = 10$  мм.

Визначаємо подачу на один зуб фрези  $S_z$ . Для обробки сталі фрезою, з матеріалу ВК8, приймаємо подачу  $S_z = 0,05$  мм/зуб.

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} K_v, \quad (2.23)$$

де  $C_v = 55$ ,  $g = 0,2$ ,  $x = 0,1$ ,  $y = 0,35$ ,  $u = 0,2$ ,  $p = 0$ ,  $m = 0,2$  - коефіцієнти і показники у формулі швидкості різання;

$D = 60$  – діаметр фрези, мм;

$T = 80$  - стійкість ріжучого інструменту, хв;

$K_v$  – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання і визначається за формулою (6.4)

$$K_v = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8$$

де  $K_{MV} = 0,8$ ;  $K_{PIV} = 1,0$ ;  $K_{IIV} = 1,0$ .

З урахуванням поправочних коефіцієнтів визначаємо швидкість різання по формулі(6.8):

$$V = \frac{55 \cdot 60^{0,2}}{80^{0,2} \cdot 1^{0,1} \cdot 0,05^{0,35} \cdot 10^{0,2} \cdot 12^0} \cdot 0,8 = 68,3 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot 68,3}{3,14 \cdot 60} = 362,5 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n=360$  об/хв - безступінчата коробка швидкостей. З урахуванням прийнятої частоти швидкість різання визначаємо за формулою (6.6):

$$V\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 360}{1000} = 67,8 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо силу різання за формулою:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^n z}{D^g n^w} K_{mp}, \quad (2.24)$$

де  $C = 261$ ,  $q = 1,3$ ,  $x = 1,0$ ,  $y = 0,75$ ,  $u = 1,1$ ,  $w = 0,2$  - коефіцієнти і показники у формулі сили різання;

$K_{mp}$  - поправочний коефіцієнт що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності, розраховується за формулою:



$$K_{mp} = (930/750)^{0,3} = 1,1.$$

З урахуванням поправочних коефіцієнтів сила різання дорівнюватиме:

$$P_z = \frac{10 \cdot 261 \cdot 1^{1,0} \cdot 0,05^{0,75} \cdot 60^{0,2} \cdot 12}{12^{1,3} \cdot 360^{0,2}} \cdot 1,1 = 2325 \text{ Н.}$$

Потужність різання визначається за формулою (6.7):

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2325 \cdot 67,8}{1020 \cdot 60} = 2,5 \text{ кВт.}$$

Так як потужність різання менше потужності верстата ( $N_{\text{різ}} < N_{\text{ст}\eta}$ ,  $2,5 < 10$ ), отже обробка можлива.

Визначаємо основний час, тобто час на безпосередню обробку за формулою:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S_M} i \quad (2.25)$$

де  $L = 11$  мм - робочий хід фрези;

$l_1 = 9$  мм - довжина врізання і перебігу.

$I=12$  – кількість проходів

Переводимо подачу на зуб в хвилинну подачу за формулою, мм/хв:

$$S_M = S_Z \cdot z \cdot n,$$

де  $z = 12$  - кількість зубів фрези;

$n = 360$  об/хв - обороти фрези;

$S_M = 0,05 \cdot 12 \cdot 360 = 216$  мм/хв.

$$T_o = (20/216)12 = 1,1 \text{ хв.}$$

## 2.8 Технічне нормування операцій

Виконаємо розрахунки для операції 020 використовуючи літературу [1], [4], [8].

Операція 015 – токарна.

При дрібносерійному виробництві технічне нормування операції полягає у визначенні штучно-калькуляційного часу за формулою:

$$T_{\text{ш-к}} = \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} + T_{\text{шт}}, \quad (2.27)$$

де  $T_{\text{п.з}}$  – підготовчо-заключний час;

$T_{\text{шт}}$  – штучний час;

$n = 29$  – кількість деталей у партії.

Визначаємо підготовчо-заключний час [2, дод. 6.4, ст. 216]:

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{пз1}} + T_{\text{пз2}}, \quad (2.28)$$

де  $T_{\text{пз1}} = 15$  хв – час на наладку верстата і встановлення пристрою;

$T_{\text{пз2}} = 10$  хв – час на допоміжні прийоми.

$$T_{\text{пз}} = 15 + 10 = 25 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{o}} + T_{\text{д}} + T_{\text{об.}} + T_{\text{відп.}}, \quad (2.29)$$

де  $T_{\text{o}} = 3,7$  хв – основний (технологічний) час;

$T_{\text{д}}$  – допоміжний час;

$T_{\text{об.}}$  – час обслуговування робочого місця;

$T_{\text{відп.}}$  – час, на відпочинок робітника.

Визначаємо допоміжний час [2, дод. 5, ст. 197]:

$$T_{\text{д}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{з}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{вим.}}, \quad (2.30)$$

де  $T_{\text{уст}} = 1,5$  хв – час на установку і зняття заготовки;

$T_{\text{з}} = 1,2$  хв – час на закріплення та відкріплення деталі;

$T_{\text{уп}} = 6,3$  хв – час на управління верстатом;

$T_{\text{вим}} = 1$  хв – час на вимірювання.

$$T_{\text{д}} = 1,5 + 1,2 + 6,3 + 1 = 10 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{о}} + T_{\text{д}} \quad (2.31)$$

$$T_{\text{оп}} = 3,7 + 10 = 13,7 \text{ хв}$$

Визначаємо час обслуговування робочого місця [2, дод. 6.1, ст. 214]:

$$T_{\text{об}} = T_{\text{оп}} \cdot 6\%, \quad (2.32)$$

$$T_{\text{об}} = 13,7 \cdot 0,06 = 0,8 \text{ хв}$$

Визначаємо час на відпочинок робітника [2, дод. 6.2, ст. 215]:

$$T_{\text{відп.}} = T_{\text{оп}} \cdot 4\%$$

$$T_{\text{від}} = 13,7 \cdot 0,04 = 0,5 \text{ хв}$$

Штучний час:  $T_{\text{шт}} = 13,7 + 0,8 + 0,7 = 15,2$  хв.

Штучно-калькуляційний час дорівнює:

$$T_{\text{шт-к}} = 25/29 + 15,2 = 16,3 \text{ хв.}$$

Операція 025 – токарна.

При дрібносерійному виробництві технічне нормування операції полягає у визначенні штучно-калькуляційного часу за формулою:

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} + T_{\text{шт}}, \quad (2.27)$$

де  $T_{\text{п.з.}}$  – підготовчо-заключний час;

$T_{\text{шт}}$  – штучний час;

$n = 29$  – кількість деталей у партії.

Визначаємо підготовчо-заключний час [2, дод. 6.4, ст. 216]:

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{пз1}} + T_{\text{пз2}}, \quad (2.28)$$

де  $T_{\text{пз1}} = 20$  хв – час на наладку верстата і встановлення пристрою;

$T_{пз2}=10$  хв – час на допоміжні прийоми.

$$T_{пз}=20+10=30 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{об.} + T_{відп.}, \quad (2.29)$$

де  $T_o=1,9$  хв – основний (технологічний) час;

$T_d$  – допоміжний час;

$T_{об.}$  – час обслуговування робочого місця;

$T_{відп.}$  – час, на відпочинок робітника.

Визначаємо допоміжний час [2, дод. 5, ст. 197]:

$$T_d = T_{уст} + T_3 + T_{уп} + T_{вим.}, \quad (6.30)$$

де  $T_{уст}=1$  хв – час на установку і зняття заготовки;

$T_3 = 1,2$  хв – час на закріплення та відкріплення деталі;

$T_{уп}=6,3$  хв – час на управління верстатом;

$T_{вим.}=1$  хв – час на вимірювання.

$$T_d = 1 + 1,2 + 6,3 + 1 = 9,5 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d \quad (6.31)$$

$$T_{оп} = 1,9 + 9,5 = 11,4 \text{ хв}$$

Визначаємо час обслуговування робочого місця [2, дод. 6.1, ст. 214]:

$$T_{об.} = T_{оп} \cdot 6\%, \quad (6.32)$$

$$T_{об.} = 11,4 \cdot 0,06 = 0,68 \text{ хв}$$

Визначаємо час на відпочинок робітника [2, дод. 6.2, ст. 215]:

$$T_{відп.} = T_{оп} \cdot 4\%$$

$$T_{відп.} = 11,4 \cdot 0,04 = 0,45 \text{ хв}$$

Штучний час:  $T_{шт} = 11,4 + 0,7 + 0,5 = 12,6$  хв.

Штучно-калькуляційний час дорівнює:

$$T_{шт-к} = 30/29 + 12,6 = 13,7 \text{ хв.}$$

Операція 035 – фрезерна з ЧПК.

При дрібносерійному виробництві технічне нормування операції полягає у визначенні штучно-калькуляційного часу за формулою (2.27):

Визначаємо підготовчо-заклучний (6.28):

де  $T_{пз1}=25$  хв – час на наладку верстата і встановлення пристрою;

$T_{пз2}=10$  хв – час на допоміжні прийоми.

$$T_{пз}=25+10=35 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час за формулою (6.29):

де  $T_0=2,5$  хв – основний (технологічний) час;

Визначаємо допоміжний час (6.30):

де  $T_{уст}=1,5$  хв – час на установку і зняття заготовки;

$T_3=1$  хв – час на закріплення та відкріплення деталі;

$T_{уп}=7,1$  хв – час на управління верстатом;

$T_{вим}=2,1$  хв – час на вимірювання.

$$T_d=1,5+1+7,1+2,1=11,7 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час (6.23):

$$T_{оп}=2,5+11,7=14,2 \text{ хв}$$

Визначаємо час обслуговування робочого місця (6.31):

$$T_{об}=14,2 \cdot 0,06=0,8 \text{ хв}$$

Визначаємо час на відпочинок робітника

$$T_{від}=14,2 \cdot 0,04=0,5 \text{ хв}$$

Штучний час:  $T_{шт}=14,2+0,8+0,5=15,5$  хв.

Штучно-калькуляційний час дорівнює:

$$T_{шт-к}=25/29+15,5=16,3 \text{ хв.}$$

Операція 040 – фрезерна з ЧПК.

При дрібносерійному виробництві технічне нормування операції полягає у визначенні штучно-калькуляційного часу за формулою (6.27):

Визначаємо підготовчо-заклучний (6.28):

де  $T_{пз1}=20$  хв – час на наладку верстата і встановлення пристрою;

$T_{пз2}=15$  хв – час на допоміжні прийоми.

$$T_{пз}=20+15=25 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час за формулою (6.29):

де  $T_0=1,1 \times 6=6,6$  хв – основний (технологічний) час;

Визначаємо допоміжний час (6.30):

де  $T_{уст}=0,5$  хв – час на установку і зняття заготовки;

$T_3=1,0$  хв – час на закріплення та відкріплення деталі;

$T_{уп}=7,5$  хв – час на управління верстатом;

$T_{вим}=1,3$  хв – час на вимірювання.

$$T_d=0,5+1+7,5+1,3=10,3 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час (6.23):

$$T_{оп}=6,6+10,3=16,9 \text{ хв}$$

Визначаємо час обслуговування робочого місця

$$T_{об}=T_{оп} \cdot 6\%,$$

$$T_{об}=16,9 \cdot 0,06=1,0 \text{ хв}$$

Визначаємо час на відпочинок робітника

$$T_{відп.}=T_{оп} \cdot 4\%$$

$$T_{від}=16,9 \cdot 0,04=0,7 \text{ хв}$$

Штучний час:  $T_{шт}=16,9+1+0,7=18,6$  хв.

Штучно-калькуляційний час дорівнює:

$$T_{шт-к}=35/29+18,6=19,8 \text{ хв.}$$

## 2.9 Проектування верстатного пристрою

Обґрунтування необхідності створення пристрою, вибір системи пристрою. На даний час заготовка обробляється на універсальному обладнанні, закріплення відбувається ручними прижимами. Робочий має четвертий розряд. Використання спеціального пристрою з механізованим приводом для закріплення заготовки та верстата з ЧПК для обробки дозволить зменшити розряд верстатника на даній операції, знизити трудоемність обробки, збільшити стабільність точносних параметрів операції. Орієнтовано в заданих умовах слід визнати найбільш раціональну систему нерозбірних спеціальних пристроїв.

Уточнення цілі технологічної операції. На даній операції повинні формуватися три пази 10 мм. При виконанні 3 пазів вказано на кресленні відхилення в допуску 5 мм в обидві сторони. На даній операції шорсткість всіх оброблюваних поверхонь має значення  $Ra=12,5$  мкм.

Вияснення кількісних та якісних даних про заготовку, яка потрапляє на операцію

На дану операцію заготовка потрапляє попередньо оброблена.  $\varnothing 190$  мм має допуск 0,046 мм на діаметр,  $\varnothing 160$  мм має допуск на розмір 0,1 мм. Маса заготовки – 6,9 кг. Матеріал – Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72. Заготовка – тіло обертання, жорстка, має задовільну оброблюваність. Поверхні  $\varnothing 190$  мм;  $\varnothing 160$  мм та, відповідно, торці, що до них прилягають, можуть бути прийняті за базові. Уточнимо точносні параметри поверхонь, котрі можуть бути базовими.

Для циліндричної поверхні  $\varnothing 190$  мм величина допуску складає 0,046 мм, для  $\varnothing 160$  мм величина допуску 0,1 мм. Отже, в якості технологічної бази доцільніше використовувати циліндричну поверхню  $\varnothing 190$  мм.

Оскільки допуск на відхилення від циліндричності та круглості не вказаний в технічних вимогах та на кресленні, то він може бути встановлений в межах поля допуску на розмір, тобто в межах 46 мкм. Відхилення площинності торця не вказується, тому приймаємо його рівним допуску на лінійний розмір висоти циліндричної поверхні. Для 23 мм по 14 квалітету точності допуск рівний 0,13 мм.

Допуск радіального биття поверхні  $\varnothing 190$  рівний 0,05 мм. Допуск на торцеве биття дорівнює 0,04 мм.

З креслення деталі видно, що для обох поверхонь шорсткість рівна  $Ra=1,6$  мкм.

В пристрої, що проектується, планується обробка заготовок з базовими поверхнями лише таких розмірів та з вказаними точносними параметрами.

Схему базування та її обґрунтування можна побачити в пункті 6.2 з розрахунками та схемами за закріплення.

Аналіз структури полів збуджуючих та урівноважувальних сил

Для визначення взаємного впливу поля збуджуючих сил та поля врівноважуючих сил необхідно побудувати графічну модель збуджуючих сил у взаємозв'язку з прийнятою схемою базування.

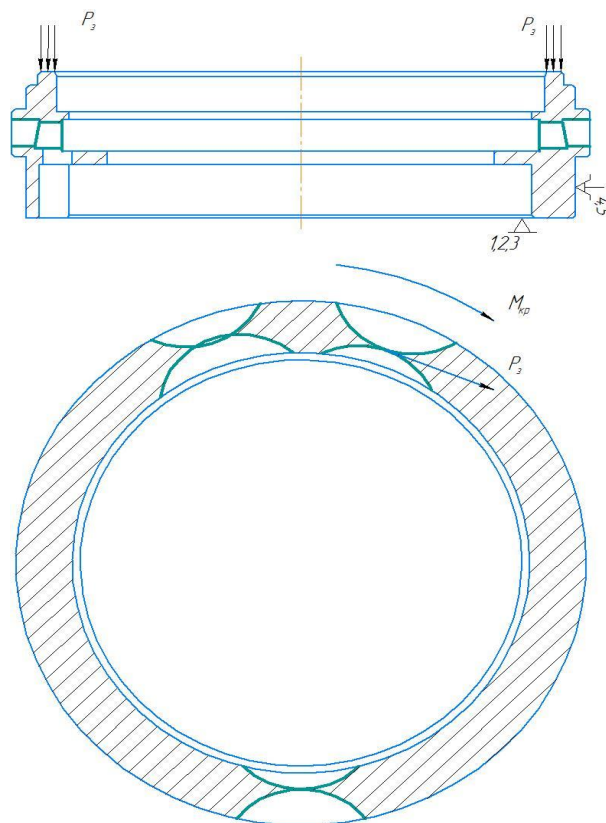


Рисунок 2.11 – Сили, що виникають при обробки пазів

З рисунка видно, що складова  $P_z$  збуджуючих сил врівноважується силою тертя  $F_{тр}$ , а момент кручення  $M_{кр}$  врівноважується моментом тертя  $M_{тр}$ . Розрахунок точності елементів пристрою



### Розрахунок сил закріплення

Сили закріплення розраховуються з розрахункової схеми, яку показано на рисунку 7.1

З умови непровороту заготовки [8] с.85 для циліндричної заготовки діаметром бази  $D$  встановленої в оправці та навантаженої крутним моментом сила закріплення  $P_3$  визначається за формулою:

$$P_3 = \frac{M_{TP}}{R \cdot f} \quad (2.33)$$

де  $M_{TP}$  - момент тертя, який не дає заготовці повернутися при фрезеруванні, Н·м;

$R$  - приведений радіус точки прикладання сили, м;

$f$  - коефіцієнт тертя в місцях контакту заготовки з опорами, по [2] с.85, таблиця 10, при контакті обробленої заготовки з опорами та зажимними елементами пристосування  $f = 0,16$ .

В свою чергу момент тертя  $M_{TP}$  повинен задовільняти умову:

$$M_{TP} \geq K \cdot M_{KP}$$

де  $K$  - коефіцієнт запасу;

$M_{KP}$  - крутний момент, діючий на заготовку при фрезеруванні, Н·м;

Отже, прийmemo що  $M_{TP} = K \cdot M_{KP}$ .

Коефіцієнт запасу  $K$  вводять в формули при обчисленні сили  $P_3$  для забезпечення надійного закріплення заготовки, по [2] с.85:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (7.2)$$

де  $K_0$  - коефіцієнт гарантованого зазору,  $K_0 = 1,5$ ;

- $K_1$  - коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях, при чистовій обробці  $K_1 = 1,0$
- $K_2$  - коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту, по [2] с.84, таблиця 9  $K_2 = 1,3$  ;
- $K_3$  - коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання при фрезеруванні,  $K_3 = 1,0$  ;
- $K_4$  - коефіцієнт, що характеризує постійність сили закріплення, при використанні пневмоциліндру подвійної дії  $K_4 = 1,0$  ;
- $K_5$  - коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних затискних механізмів ,  $K_5 = 1,0$  ;
- $K_6$  - коефіцієнт враховують тільки за наявності моментів, що прагнуть повернути заготовку,  $K_6 = 1,5$  .

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 2,925$$

Розрахункове значення коефіцієнта запасу  $K=2,925$ .

За джерелом [9] розраховуємо:

Крутний момент, діючий на заготовку при фрезеруванні, визначається за формулою:

$$M_{KP} = \frac{P_Z \cdot D}{2 \cdot 100} \quad (2.34)$$

де  $P_Z$  - окружна сила (головна складова сили різання), Н;

$D$  - діаметр фрези,  $D = 60$  мм.

Головна складова сили різання визначається за формулою:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} \quad (2.35)$$

- де  $C_p$  - коефіцієнт, по [2] с.291, таблиця 41  $C_p = 68,2$ ;
- $x, y, n, q, w$  показники ступеню, по [2] с.291, таблиця 41  $x = 0,86$ ;  
 $y = 0,72$ ;  $n = 1,0$ ;  $q = 0,86$ ;  $w = 0$ ;
- $t$  - глибина фрезерування,  $t = 10$  мм;
- $S_z$  - подача на один зуб при фрезеруванні,  $S_z = 0,001$  мм/зуб;
- $B$  - ширина фрезерування,  $B = 38$  мм;
- $z$  - число зубів фрези,  $z = 16$ ;
- $n$  - частота обертання шпинделя,  $n = 630$  об/хв;
- $K_{MP}$  - поправочний коефіцієнт, враховуючий якість оброблюваного матеріалу,  $K_{MP} = 1,0$ : по [2] с.264, таблиця 11.

Підставивши вибрані і розраховані значення в формулу (8.4), визначаємо головну складову сили різання:

$$P_z = 0,25 \cdot \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 10^{0,86} \cdot 0,001^{0,72} \cdot 38^{1,0} \cdot 16}{60^{0,86} \cdot 630^0} \cdot 1 = 153,91 \text{ Н.}$$

Підставивши розраховане значення окружної сили в формулу (2.34), визначаємо крутний момент при фрезеруванні:

$$M_{KP} = \frac{153,61 \cdot 60}{2 \cdot 100} = 46,08 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Радіус точки прикладання сили визначається за формулою:

$$R = \frac{1}{3} \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \quad (2.36)$$

- де  $D$  - більший діаметр поверхні заготовки при закріпленні,  $D = 0,19$  м;
- $d$  - менший діаметр поверхні заготовки при закріпленні,  $d = 0,16$  м.

$$R = \frac{1}{3} \cdot \frac{0,19^3 - 0,16^3}{0,19 - 0,16^2} = 0,088$$

Підставивши вибрані і розраховані значення в формулу визначаємо силу закріплення:

$$P_3 = \frac{2,925 \cdot 46,08}{0,088 \cdot 0,16} = 9604,2 \text{ Н.}$$

Отже, необхідна сила затиску  $P_3 = 9604 \text{ Н}$ .

Розрахунок силового приводу пристрою

Затиск та розтиск заготовки здійснюється за допомогою пневмоциліндру двосторонньої дії, до якого приєднаний шток.

Дійсна сила на штоці для циліндру двосторонньої дії при подачі повітря в штокову порожнину розраховується за формулою:

$$P_d = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{II}^2 - d_{III}^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (2.36)$$

де  $D_{II}$  - діаметр пневмоциліндру, мм;

$d_{III}$  - діаметр штоку, приймаємо  $d_{III} = 40 \text{ мм}$ ;

$P$  - Розрахунковий тиск,  $p = 0,4 \text{ МПа}$ ;

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії,  $\eta = 0,9$ .

Діаметр пневмоциліндру, котрий забезпечує необхідну силу затиску заготовки, розраховується за формулою[10]:

$$D_{II} = \sqrt{d_{III}^2 + \frac{4 \cdot P_3}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \quad (2.37)$$

$$D_{II} = \sqrt{40^2 + \frac{4 \cdot 9604}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9}} = 188,64 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартний діаметр стаціонарного поршневого пневмоциліндру по [13] с.91, таблиця 17:  $D_{II} = 200 \text{ мм}$ .

Дійсна сила затиску заготовки на штоці пневмоциліндру:

$$P_d = \frac{3,14}{4} \cdot (200^2 - 40^2) \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 10852 \text{ Н.}$$

Дана сила перевищує необхідну силу затиску заготовки, отже, пристосування забезпечує фіксоване положення деталі при обробці.

Точнісі розрахунки пристрою

Розрахунок точності пристрою ґрунтується на твердженні про те, що будь-яке відхилення в положенні заготовки, пов'язане із пристроєм, як у момент установки, так і в період обробки, визначає сумарну похибку пристрою. При цьому сума можливих похибок, що виникають при обробці заготовки, не повинна перевищувати значення допуску, що установлений на розмір заготовки і що витримується при виконанні даної операції. З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристрою являють собою перетворення інформації про точність обробки поверхонь заготовки на даній операції в точнісі вимоги до пристрою.

Розрахункову похибку пристрою знаходимо за формулою (5.1). Більшість складових, що входять у дану формулу, являють собою поля розсіювання випадкових величин, тому їх підсумовуємо у загальному випадку за правилом геометричного додавання.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = T - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{3n}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{\text{поз}}^2} \quad (2.38)$$

Розглянемо більш докладно складові, що входять у дану формулу.

$T = 150$  мкм – найбільш жорсткий допуск розташування або розміру (з тих, які одержують на даній операції, а саме допуск на ширину пазу);

$K_T = 1,2$  - коефіцієнт що враховує можливий відступ окремих складових від нормального закону розподілу випадкових величин;

$K_{T1} = 0,80$  - коефіцієнт, що враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування;

$\varepsilon_6 = 46$  мкм - похибка базування;

$\varepsilon_3 = 60$  мкм - похибка закріплення (табл. 3.3) [4];

$\varepsilon_y = 20$  мкм - похибка установки пристрою на верстаті [7, с. 21];

$\varepsilon_{\pi} = 0$  - похибка перекосу інструмента (відсутні постійні або змінні напрямні втулки);

$\varepsilon_{зн} = 0$  – похибка зношування (при рівномірному зношуванні робочої поверхні оправки) [4];

$K_{T2} = 0,6$  – коефіцієнт що враховує можливість появи похибки обробки (див. п 3.2) [2];

$\omega = 15$  мкм - значення допуску для 6 квалітету середньої економічної точності нарізання різи для розміру 16 мм (див. табл. 3.7) [4];

$\varepsilon_{\text{поз}} = 5$  мкм - похибка позиціювання (відповідно до паспорта верстата).

Тоді розрахункове значення похибки пристрою буде дорівнювати:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{\text{пр}} &= 150 - 1,2\sqrt{(0,8 \cdot 46)^2 + 60^2 + 20^2 + 0^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 15)^2 + 5^2} \\ &= 211 \text{ (мкм)}.\end{aligned}$$

З урахуванням стандартного ряду беремо допуск паралельності [10, с.108]

$T = 50$  мкм.

Вказуємо на складальному кресленні пристрою як технічну вимогу, що допуск паралельності торцю кільця до столу верстата не більше 50 мкм.

Опис конструкції та роботи пристрою

Експлуатація пристрою

1. Встановити і закріпити пристосування на верстаті з урахуванням нульової точки верстата.
2. Підготувати базові поверхні до установки заготовки.
3. Встановити заготовку на плиту.
4. Поворотом рукоятки пневморозподільника поз. 1 провести закріплення заготовки.

5. Обробити заготовку.

6. Поворотом рукоятки пневморозподільника поз. 1 в зворотну сторону відкріпити заготовку.

7. Пристосування зберігати на дерев'яній основі. Вплив атмосферних опадів і агресивних середовищ неприпустимо.

З пневмомережі повітря під тиском подається в нижню порожнину поршня, переміщаючи поршень вертикально вгору. Таким чином здійснюється розтиск заготовки. При подачі тиска в верхню порожнину поршня здійснюється вертикальне переміщення вниз і відбувається затиск заготовки. Герметичність з'єднань забезпечують манжети-ущільнювачі. Корпус служить також упором для переміщення пневмоциліндра вертикально вгору. Упором для переміщення поршня вертикально вниз служить оброблювана деталь, що обмежує хід поршня, а при її відсутності – корпус пристосування. Для транспортування пристосування призначені рим-болти, які кріпляться в кришці пристосування.

## РОЗДІЛ 3

### Наукова частина

#### **3.1 Обґрунтування доцільності впровадження контрольно-вимірювальних пристроїв в машинобудуванні**

З розвитком машинобудування дедалі інженери намагалися прагнути до автоматизації, уніфікації, та гнучкості виробництва. З тим самим з плином часу змінювалися структури операцій та їх виконання. Не залишилася і без нагляду операції контрольною якості продукції, як на завершальному етапі виготовлення, так і на проміжному, наприклад між двома токарними операціями чорною та чистовою. Адже рентабельним можна назвати в наш час таке виробництво, яке може виготовляти велику номенклатуру деталей, гнучке до переналагодження на інший тип продукції, автоматизоване та під дією вище вказаних факторів не втрачає якість продукції. Саме це послужило впровадження в технологію виробництва, як верстатних пристроїв так і контрольно – вимірювальних пристроїв, спрощено в документації КВП. Говорячи про доцільність з економічної точки зору, не дуже правильно було б виготовляти КВП на кожну деталь, не дивлячись на її складність конструкції та вимоги до неї. Перед початком проектування та розробки КВП інженери повинні дуже уважно та точно переконатися, що пристосування необхідне в умовах даного типу виробництва та типу продукції, що випускається на підприємстві. З точки зору гнучкості, можна відмітити, якщо деталь випускається партіями в деякій кількості, кожний квартал чи через квартал року, то таке пристосування стає просто знахідкою для робітників лабораторії ВТК. Одразу кидається в очі такі позитивні фактори, як швидкий перехід контролю з однієї деталі до іншої, відсутність підготовки від початку виробництва до контролю готової деталі. Сучасне машинобудування не могло прагнути уніфікації таких виробів, але в реаліях не зовсім доцільно створювати один пристрій для різних деталей з різними допусками розмірів та габаритами, з різними обсягами випуску, адже де ми збільшуємо точність виміру та збільшуємо запас міцності тим самим збільшуємо економічні витрати на проектування та виготовлення. Наприклад для контролю однотипних деталей 9 із 10 мають допуск



радіального биття 250 мкм , а 1 із 10 має допуск 30 мкм, тоді економічно не доцільно виготовляти надто точний пристрій для 1 деталі з невеликою партією. З точки зору автоматизації варто сказати, що це і є найбільша мета створення КВП, так як операція контролю не викликає ніяких складнощів, і практично повністю автоматизована, потрібно тільки зняти показання мірального інструменту, все інше ( закріплення, базування деталі, похибка закріплення та виміру та. Ін) давно вже прораховане конструкторами при створенні контрольно – вимірювального пристрою. Цим самим КВП повністю реалізовує вимоги поставлені до нього в процесі роботи. І ще що можна сказати про необхідність створення КВП, так це те що збільшується якість продукції, можливість попадання браку в партії мінімальний, похибка вимірювання зведена до мінімального значення.

### **3.2 Розрахунок контрольно-вимірювального пристрою та реалізація конструкції**

Спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій (КВП) для вимірювання радіального биття поверхні d200 в розмірі 0,05 мм відносно бази H d190f9 $_{-0,165}^{-0,050}$ . В деталі «Корпус» РН12.004.200.04 після останньої механічної операції в послідовності технологічного процесу виготовлення

Річна програма випуску – 2600 шт. деталей. Зазначена річна кількість деталей відповідає дрібносерійному типу виробництва

Контроль радіального биття буде виконуватися після завершального етапу обробки в спеціальній заводській лабораторії ВТК, з виконанням всіх умов для забезпечення якості контролю продукції.

Обґрунтуємо доцільність творення КВП. На даний час контроль радіального биття поверхні Ø200 виконується за допомогою індикатора часового типу (ГОСТ577-68) з ціною поділки 0,01 мм на робочому місці токаря. Цей метод вимірювання не може повністю задовольняти потреби виробництва, адже перевірка якості проводиться в неналежних умовах - при недостатньому освітленні, погані умови контролю у вигляді мілкої абразивної стружки чи

мастила, а також не враховується похибка що може дати верстат. В цілому контроль радіального биття  $\phi 200$  не викликає труднощів, так як постановка розмірів правильна і присутні легко доступні базові поверхні. Допустиме значення торцевого биття складає 0,05 мм що відповідає стандартному ряду, а саме 7-му квалітету розмірної точності за ГОСТ 24643-81. Шорсткість поверхні зазначена конструктором по критерію Ra та дорівнює 1,6 мкм що відповідає стандартному ряду, а також говорить про підвищену точність чистового етапу обробки. Виробництво подібного технологічного класу деталей можна вважати давно освоєним. Тому беремо нормальний режим контролю ГОСТ 20736-75.

Встановимо такі показники операції контролю: за об'ємом – суцільний контроль; за часом – періодичний; за структурою – однократний.

У зв'язку з тим, що обробка проводиться точінням на токарному верстаті за допомогою інструмента, налагодженого на розмір, а точність параметра відповідає IT10, виміру підлягає кожна деталь.

Як уже встановлено, величина радіального биття становить 0,05 мм. Відомо, що номінальний розмір контрольованої поверхні  $\phi 200$  мм. Він регламентується 12-м квалітетом точності. Верхнє відхилення  $es = -400$  мкм; нижнє  $ei = -500$  мкм. Відповідно, допуск буде дорівнювати  $T_{\phi 23} = 100$  мкм ГОСТ 25347-82.

Для зовнішньої циліндричної поверхні  $\phi 200$  мм характерною похибкою форми є відхилення від циліндричності, допустима величина якого не регламентується кресленням деталі. Для нормальної геометричної точності А величину допуску циліндричності визначимо, як 30% від допуску на діаметральний розмір контрольованої поверхні:

$$T = 0,3 \cdot T_5 = 0,3 \cdot 100 = 30 \text{ мкм}$$

Значення торцевого биття відповідає 7-й степені точності за ГОСТ 24643-81.

В даному випадку для нас має значення різниця найбільшої  $R_{\max}$  та найменшої  $R_{\min}$  відстаней від точок реального профілю поверхні обертання до базової вісі в перерізі площиною, перпендикулярній до базової вісі.

Зі всіх поверхонь, котрі утворюють деталь, претендувати на базові можуть три: зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 190 f9$  та примикаючий до неї торець розміром  $23^{+0,1}$ , та внутрішня циліндрична поверхня  $160H9$ . Цей вибір обумовлений можливістю суміщення конструкторської і технологічної бази.

Діаметр отвору  $d = 160 H9$ . Степінь точності IT9. Нижнє відхилення –  $EI = 0$  мм, верхнє  $ES = +0,1$  мм. Величина допуску  $IT = 0,1$  мм 25347-82.

Діаметр  $D = 190 f9$ . квалітет IT9. Верхнє відхилення –  $ES = -0,050$  мм, нижнє  $EI = -0,165$  мм. Величина допуску  $IT = 0,115$  мм згідно ГОСТ 25347-82.

Складемо таблицю точнісних параметрів базових і контрольованих поверхонь. Вона допоможе прийняти обґрунтоване рішення про природність розглянутих поверхонь в якості базових. Оцінюючи точнісні дані (табл.1) приходимо до висновку, що якість базових поверхонь забезпечує задану точність положення контролюємої деталі в процесі контролю.

Таблиця 3.1 – Характеристики поверхонь

Параметри точності	Контрольована поверхня	Базові поверхні		
		$\varnothing 190f9$	Торець $l=23$	$\varnothing 160H9$
Точність розміру (квалітет)	9	9	12	9
Точність форми(ступінь точності)	10	9	12	9
Точність розташування (ступінь точності)	12	9	12	9
Шорсткість поверхні, Ra	1,6	1,6	1,6	6,3

На рисунку 3.2 показана схема базування та закріплення деталі. Деталь лежить на оправці діаметром  $d190f9$  та торцем  $l=23$  що фіксує її та є подвійною опорною базою і позбавляє двох ступенів вільності. Торець - встановлювальна база, позбавляє деталь трьох ступенів вільності.

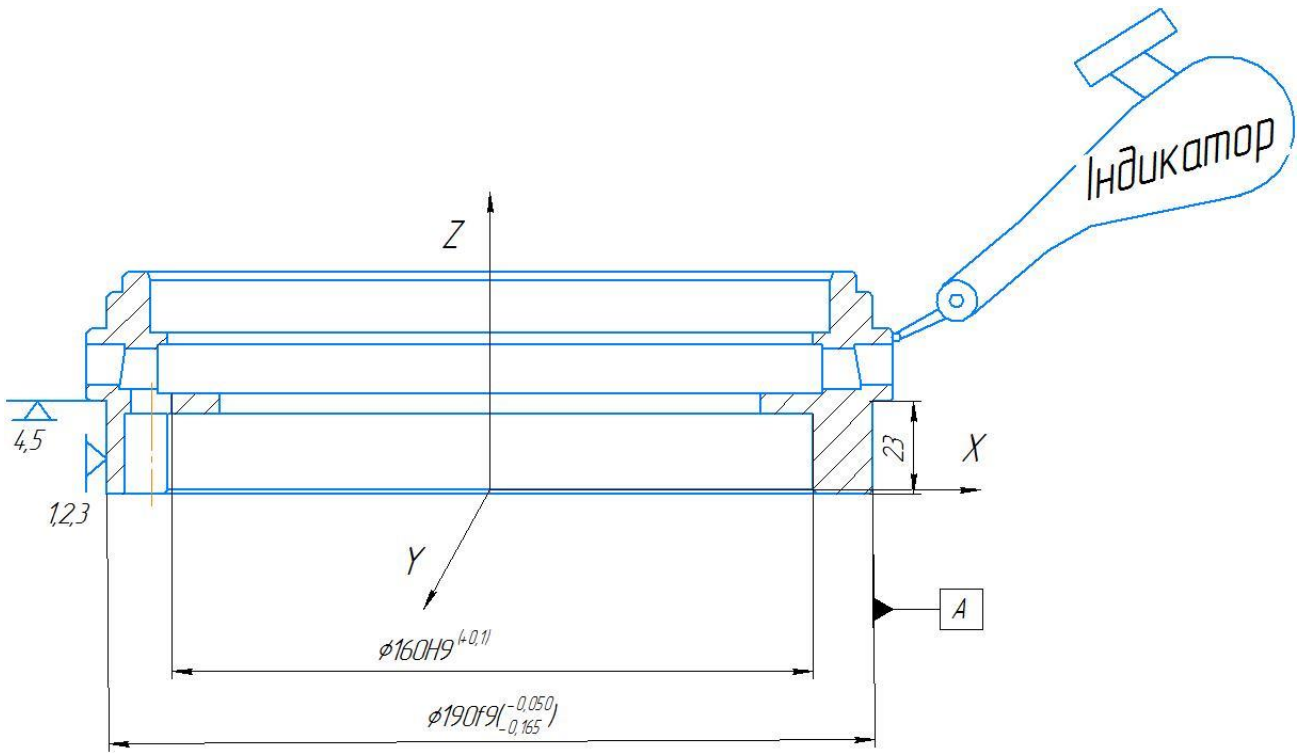


Рисунок 3.2 – Схема базування та закріплення деталі на операції контролю

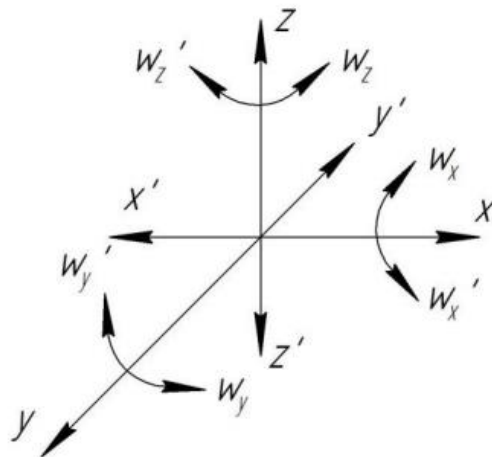


Рисунок 3.3 – Схема координат

Побудуємо таблицю жорсткості односторонніх координатних зв'язків (табл. 2.2).

Таблиця 3.2 – Реакція односторонніх зв'язків

Індекс координати	x	x'	y	y'	z	z'	$\omega_x$	$\omega'_x$	$\omega_y$	$\omega'_y$	$\omega_z$	$\omega'_z$
Реакція	$\bar{R}$	$\bar{R}$	$\bar{R}$	$\bar{R}$		$\bar{R}$	$\bar{R}$	$\bar{R}$	$\bar{R}$	$\bar{R}$		

Якщо розташувати контрольовану деталь горизонтально, то під дією сили тяжіння базовий торець деталі буде притискатися до опорної поверхні пристосування, а діаметр буде зафіксований по посадці. Таким чином необхідність в жорсткому закріпленні деталі на операції контролю відпадає. Виходячи з цього, похибка що враховує вплив сил закріплення буде рівна нулю. Контроль заданого параметра буде проводитися після чистової токарної обробки на столі у відділенні технічного контролю. Виходячи з цього, робимо висновки про прийнятні умови експлуатації КВП. Температура робочої зони –  $t = 20^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ . Відносна вологість повітря –  $\varphi_{\text{н}} = 80\%$ . Атмосферний тиск –  $P_{\text{ат}} = 86 \dots 106 \text{ кПа}$ ; швидкість руху повітря -  $V_c \leq 0,5 \text{ м/с}$ . Частота вібрацій, створюваних обладнанням та верстатами 20-30 Гц.

Місцева освітленість робочої дільниці  $E_{\text{ф}} = 1000 \text{ люкс}$ . Можливий контроль деталей, що не охолонули після обробки. Їх температура може досягати  $50^{\circ} \text{C}$ . Визначення структури потоку функцій.

З переліку функцій, котрі реалізуються в КВП, складемо набір функцій, які необхідно відтворити, щоб операція контролю була можливою: 1) встановлення (зняття) деталі; 2) базування; 3) налаштування; 4) об'єднання; 5) прийом інформації; 6) передача і перетворення інформації; 7) відображення результатів вимірювання; 8) підведення та відведення засобу вимірювання. Задаємо тривалість реалізації частинних функцій:  $t_{\text{ф} 1} = 15 \text{ с}$ ;  $t_{\text{ф} 2} = 8 \text{ с}$ ;  $t_{\text{ф} 5} = 8 \text{ с}$ ;  $t_{\text{ф} 6} = 5 \text{ с}$ ;  $t_{\text{ф} 7} = 5 \text{ с}$ ;  $t_{\text{ф} 8} = 5 \text{ с}$ . Якщо прийняти структуру потоку функцій такою, як показано на рисунку 2.6, то тривалість операції контролю радіального биття:

$$\Sigma t_{\text{ф}} = t_{\text{ф} 1} + t_{\text{ф} 2} + t_{\text{ф} 8} + t_{\text{ф} 5} + t_{\text{ф} 8'} + t_{\text{ф} 2'} + t_{\text{ф} 1'} = 15 + 8 + 5 + 8 + 5 + 8 + 15 = 64 \text{ с.}$$

З усіх можливих варіантів прямого і не прямого методів контролю віддаємо перевагу прямому методу, бо його простіше реалізувати при контролі радіального биття. При цьому відпадає необхідність в перерахунках значення параметру і точність контролю є достатньою для заданого допуску.

При виборі між контактним та безконтактним методом контролю віддаємо перевагу контактному способу. Це обумовлено тим, що міцність і твердість матеріалу деталі високі, тому контрольована поверхня може без деформацій сприймати значне вимірювальне зусилля.

Для забезпечення точкового контакту обираємо наконечник зі сферичною формою головки при радіусі сфери не менше ніж 1 мм. Наконечник має бути з твердого сплаву для підвищення зносостійкості.

Враховуючи високу міцність та твердість контрольованої поверхні, допуск та геометричні параметри головки наконечника, орієнтовно призначаємо зусилля вимірювання рівним 1,5 Н.

В такому разі очікувана похибка від вимірювального зусилля визначається за формулою Герца:

$$\Delta_{зyc} = 0,43 \cdot K \cdot \sqrt[3]{\frac{P_{зyc}^2}{r}},$$

де  $\Delta_{зyc}$  – величина похибки за рахунок контактної деформації, мкм;

$K$  – коефіцієнт, що залежить від матеріалу наконечника

( $K=0,81$  для твердого сплаву);

$P_{зyc}$  – вимірювальне зусилля, Н;

$r$  – радіус сфери наконечника, мм;

$$\Delta_{зyc} = 0,43 \cdot 0,81 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,5^2}{1}} = 1,17 \text{ мкм.}$$

Деталь можливо контролювати або в стані спокою (статичний метод), або переміщувати/обертати (динамічний метод). Характер контрольованого параметра

(радіальне биття) потребує обертати деталь під час контролю тому будемо користуватися динамічним методом.

Питання про розташування контрольованої деталі на операції контролю було розглянуто, де обґрунтовано горизонтальне положення деталі, оскільки при такому розташуванні не потрібні закріплювальні пристрої.

Між абсолютним і відносним методом контролю перевагу надаємо абсолютному, бо такий метод є більш точним, не потребує додаткових перетворювальних пристроїв, виготовлення еталонів тощо.

Використовуємо пасивний метод контролю, оскільки контролюється вже готова деталь після повної механічної обробки і потрібно оцінити показники її якості перед операцією складання.

Тривалість виготовлення деталі 2 години, тому призначаємо час на операцію контролю не більше 10 хв. Така тривалість контролю не потребує високого рівня механізації і може бути виконана вручну на простому контрольному пристрої.

КВП повинен мати вимірювальний прилад зі шкалою, що забезпечує достатню точність відліку без надмірного навантаження на зір.

Приймаємо механічний принцип перетворення вимірювальної інформації. Це рішення обумовлено в більшій мірі контактним методом контролю. На його користь вказує великий арсенал технічних засобів, що пройшли багаторічне випробування на точність та надійність роботи на робочих місцях. Вибір засобу вимірювання почнемо з визначення оптимальних метрологічних, експлуатаційних та характеристик надійності, якими повинно володіти СІ.

Допустима сумарна похибка вимірювання КВП визначається як частина допуску ІТ контрольованого параметру (торцеве биття).

$$|\delta_{\text{вим}}| = k \cdot IT$$

де  $k$  – коефіцієнт, що залежить від квалітету або ступеня точності контрольованого параметра і може приймати значення від 0,2 до 0,35. Для ІТ7 -  $k = 0,30$ .

$$|\delta_{\text{вим}}| = 0,30 \cdot 50 = 15 \text{ мкм.}$$

Відповідно до ГОСТ 8.051-81 рекомендується прийняти  $|\delta_{\text{вим}}| = 12$  мкм.

Визначимо допустиму похибку засобу вимірювання (інструментальну похибку):

$$|\Delta_{\text{ін}}| = 0,7 \cdot |\delta_{\text{вим}}|;$$

$$|\Delta_{\text{ін}}| = 0,7 \cdot 12 = 8,4 \text{ мкм.}$$

Ціна ділення розраховується в залежності від величини допустимої інструментальної похибки СІ. Приймаємо  $|c| = |\Delta_{\text{ін}}| = 2$  мкм.

Інтервал ділення шкали приймаємо 1 мм, так як менша відстань між сусідніми штрихами шкали може утруднити зчитування показання СІ. Тут необхідно враховувати умови, в яких буде працювати КВП, і передусім освітлення (пункт 2.8).

Межа вимірювання по шкалі (А) повинна перевищувати допуск ІТ, щоб зняття показань не викликало труднощів. Приймаємо:

$$A = 4 \cdot IT = 4 \cdot 50 = 200 \text{ мкм} = 0,2 \text{ мм.}$$

Межа вимірювання засобу (діапазон вимірювання) визначають умови експлуатації. Приймаємо  $B=1$  мм.

Вимірювальна умова  $P_{\text{yc}}$  обумовлюється характером контрольованих поверхонь при вимірювання, жорсткістю контрольованої поверхні, величиною допуску вимірюваного параметра. Значення вимірюваного зусилля прийнято в п.3.1.3. Так як обмеження на його величину відсутні, приймаємо  $P_{\text{yc}} = 500$  сН. Допустиме коливання вимірюваного зусилля обумовлене величиною  $\Delta P_{\text{yc}} = 100$  сН. Основним показником нормування надійності СІ є напрацювання  $t$  (Р) до першої відмови при ймовірності безвідмовної роботи Р. Відповідності з РД 50-650-87 кількість циклів вимірювання, забезпечуючи задану кількість контрольних циклів:

$$t(P) = 7800 \cdot 2 = 15600 \text{ циклів.}$$

Ймовірність безвідмовної роботи  $P = 0,85$ , виходячи з можливостей вимірювальних засобів.



Згідно встановленим цінам на контрольно-вимірювального засобу, встановимо затрати на придбання: Ц = 10000 грн. Після того як стало відомо допустимі значення по метрологічним, експлуатаційним та надійності показники, можна припустити до пошуку СІ. Прийнятними вважаються СІ, значення характеристик якого знаходяться в такому відношенню з допустимими:

$$\Delta_{ін} \leq |\Delta_{ін}|$$

$$P_{yc} \leq |P_{yc}|$$

$$c \leq |c|$$

$$\Delta P \leq |\Delta P|$$

$$a \geq |a|$$

$$t(P) \geq |t(P)|$$

$$A \geq |A|$$

$$P \geq |P|$$

$$B \geq |B|$$

$$Ц \leq |Ц|$$

Пошук виконуємо згідно з таблицями технічних характеристик важільно – зубчатих вимірювальних головок. Обираємо індикатор годинникового типу моделі 810 SM з наступними параметрами:  $\Delta_{ін}=10$  мкм; С 2 мкм; а = 1 мм; Б= 1 мм; Р= 1,7 Н;  $\Delta P=9$ Н;  $t(P)=500000$ ;  $P=0,95$ ; Ц = 9100 грн.

Порівняємо отримані значення з допустимими (розрахованими), приходимо до висновку, що задані умови точності, надійності та економічності виконуються.

Обираємо індикатор годинникового типу моделі Martest 800 SL Ескіз обраної вимірювальної важільно-зубчатої головки представлений на рисунку 3.4. Габаритні розміри індикатора показані на рисунку 3.5, вага – 0,395 кг. Накінчник оснащений вставкою з твердого сплаву.

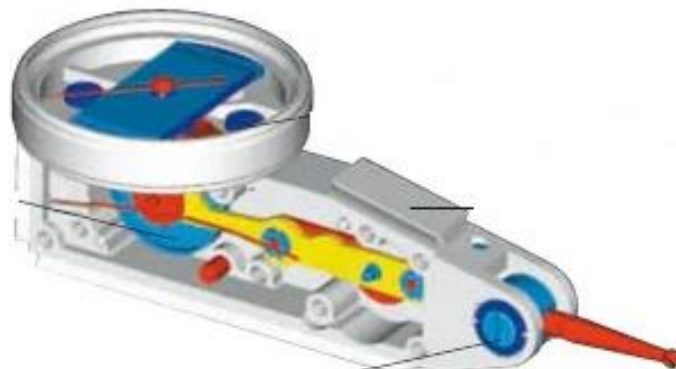


Рисунок 3.4 – Індикатор Martest 800 SL

В процесі операції контролю у пристрої реалізуються такі частинні функції:

- 1) базування вимірювальної деталі;
- 2) установка та закріплення СІ;
- 3) прийом, передача, перетворення вимірювальної інформації;
- 4) переміщення СІ з встановлювальної до робочої позиції;
- 5) об'єднання функціональних вузлів. Таким чином, структурна схема КВП

буде виглядати так, як показано на рисунку 3.5.

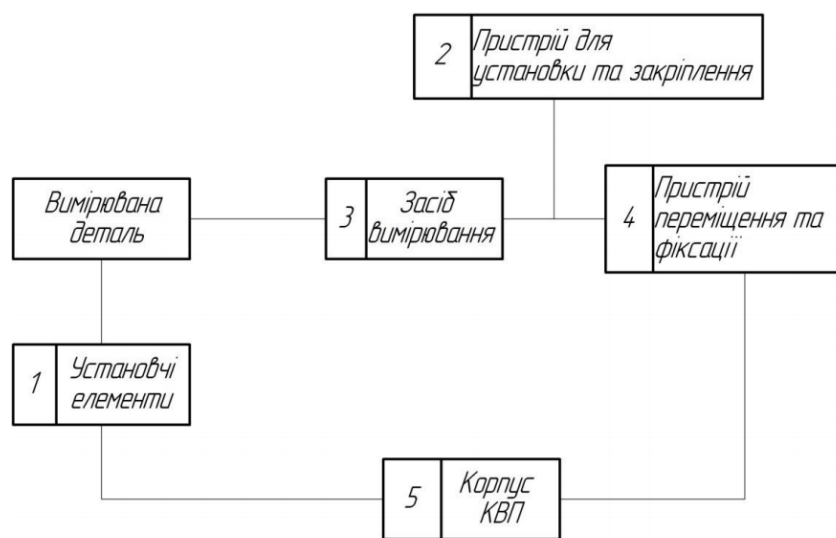


Рисунок 3.5 – Структурна схема КВП

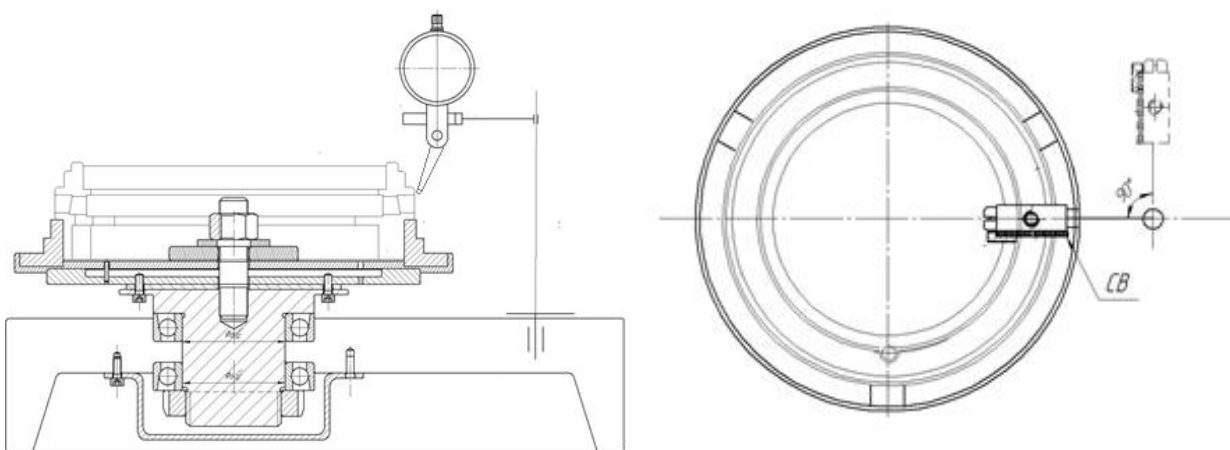


Рисунок 3.6 – Кінематична схема КВП

На рисунку 3.6 зображена кінематична схема КВП. Контрольована деталь 1 затиснута у мембранному патроні 2, що обертається на підшипниках 3 та 4.

Затискання деталі виконується за допомогою гайки 3. Під час вимірювання деталь обертається на поворотній плиті 5, що з'єднана з мембраною. Індикаторна стійка 6 може повертатися в опорній втулці 7 на  $90^\circ$ , при чому може займати одне з двох положень - робоче або для встановлення вимірювальної деталі.

Розрахунок фактичної сумарної похибки КВП

Сумарна похибка КВП розраховується за наступною формулою:

$$\varepsilon_{\text{КВП}} = \sqrt{\varepsilon^2 + \Delta_p^2 + \Delta_e^2 + \Delta_{\text{інстр}}^2 + \Delta_t^2 + \Delta_{\text{зус}}^2} \quad (3.1)$$

де,  $\varepsilon$  – похибка положення контрольованої деталі в пристрої. Вона розраховується як:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} \quad (3.2)$$

де,  $\varepsilon_0$  – похибка базування. В нашому випадку вона рівна 0 (п. 2.7).

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення.  $\varepsilon_3 = 0$  мкм. (п. 2.7)

$\varepsilon_{\text{пр}}$  – похибка виготовлення елементів пристрою.  $\varepsilon_{\text{пр}} = 5$  мкм.

$$\varepsilon = \sqrt{0^2 + 5^2 + 0^2} = 5 \text{ мкм}$$

$\Delta_p$  – у формулі це похибка передатного пристрою. Так як конструкцією нашого КВП його не передбачено, то  $\Delta_p = 0$ .

$\Delta_e$  – похибка виготовленої еталонної деталі. Наш метод вимірювання не потребує виготовлення еталонної деталі, за нашим методом можливо отримувати фактичні показники з кожного проведеного вимірювання, тому  $\Delta_e = 0$ .

$\Delta_{\text{інст}}$  – похибка вибраного вимірювального інструменту,  $\Delta_{\text{інст}} = 1$  мкм.

$\Delta_t$  – похибка викликана зміною температури навколишнього середовища. Так як контроль буде проводитися в лабораторії ВТК, то там температура має сталі значення і перепади відсутні, тому  $\Delta_t = 0$ .

$\Delta_{\text{зус}}$  – похибка, викликана вимірювальним зусиллям за рахунок контактної деформації.

$$\Delta_{\text{зус}} = 0,43 \cdot K \cdot \sqrt[3]{\frac{P_{\text{зус}}^2}{r}}$$

де  $\Delta_{зус}$  – величина похибки за рахунок контактної деформації, мкм;

$K$  – коефіцієнт, що залежить від матеріалу наконечника

( $K=0,81$  для твердого сплаву);

$P_{зус} = 1,5$  Н – вимірювальне зусилля;

$r = 1$  мм радіус сфери наконечника, мм;

$$\Delta_{зус} = 0,43 \cdot 0,81 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,5^2}{1}} = 0,117 \text{ мкм.}$$

Підставимо знайдені значення елементарних похибок у формулу 5.1, отримаємо:

$$\varepsilon_{КВП} = \sqrt{5^2 + 0^2 + 0^2 + 1^2 + 0^2 + 0,117^2} = 5,09 \text{ мкм}$$

Порівняємо фактичну сумарну похибку  $\varepsilon_{КВП} = 5,09$  мкм із допустимою  $\delta_{вим} = 12$  мкм, робимо висновок, що необхідна умова точності виконується.

$$\varepsilon_{КВП} \leq [\delta_{вим}] \quad 5,12 \leq 12 \text{ мкм}$$

### **3.3 Модальний аналіз запропонованого контрольно-вимірювального пристрою**

Для запобігання виникнення явища резонансу в процесі контролю радіального биття на контрольно – вимірювальному пристрої необхідно, щоб частота власних коливань елементів КВП не співпадала з частотою обертання деталі. Розрахувати власні частоти можна за допомогою вбудованого модуля у програмному комплексі ANSYS. На початку дослідження необхідно завантажити 3D-модель спроектованого пристрою (рис. 3.7).

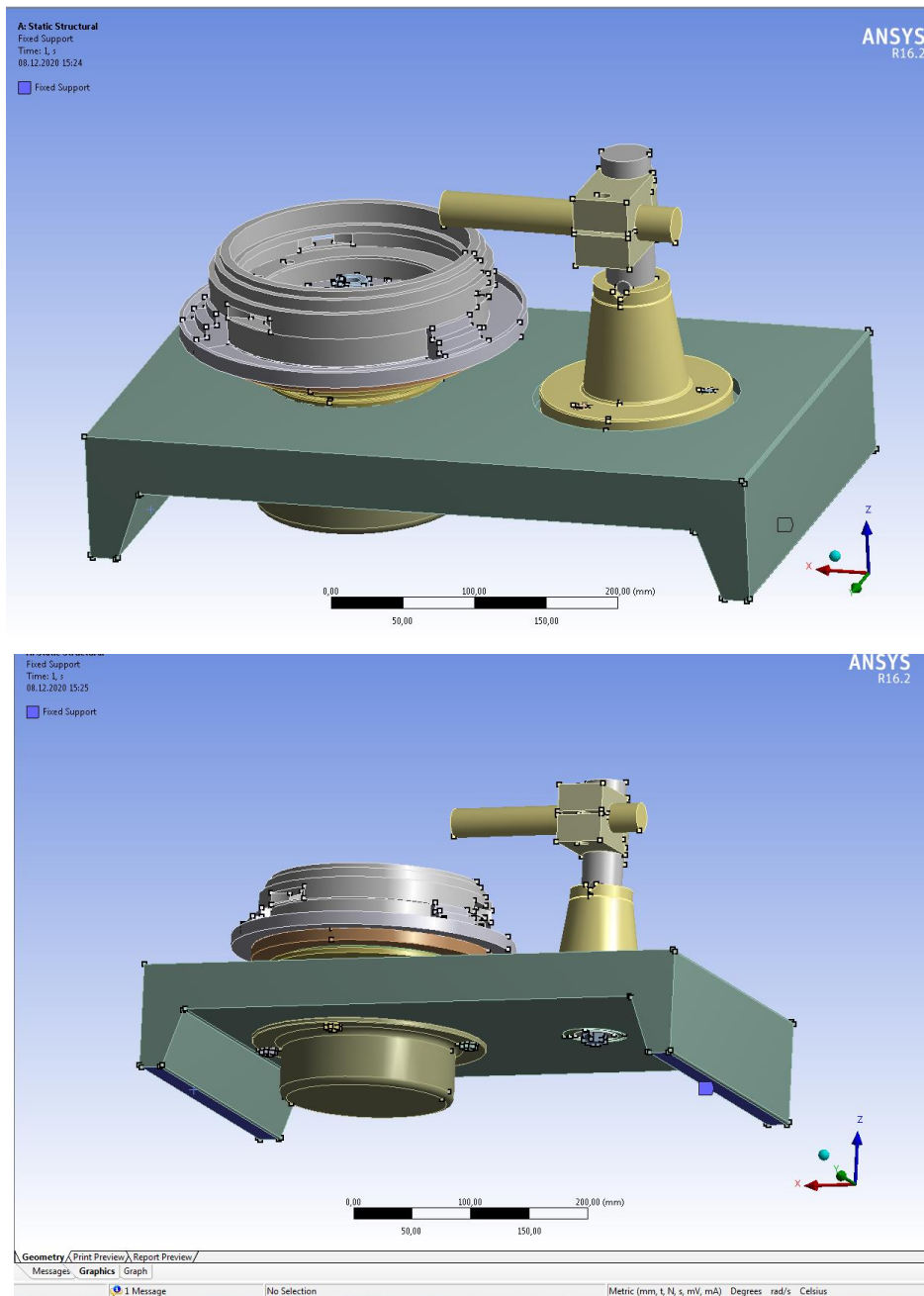


Рисунок 3.7 – Завантажена 3D-модель в модуль ANSYS

Наступний крок, який необхідно зробити для розрахунку пристрою на власні частоти при роботі, методом скінченних елементів – це побудова сітки деталі. Тобто розбиваємо деталь на багато маленьких ділянок, які мають трикутну форму в нашому випадку. Після підтвердження створення сітки маємо візуальне бачення поділу, яке можна побачити на рисунку 3.8.

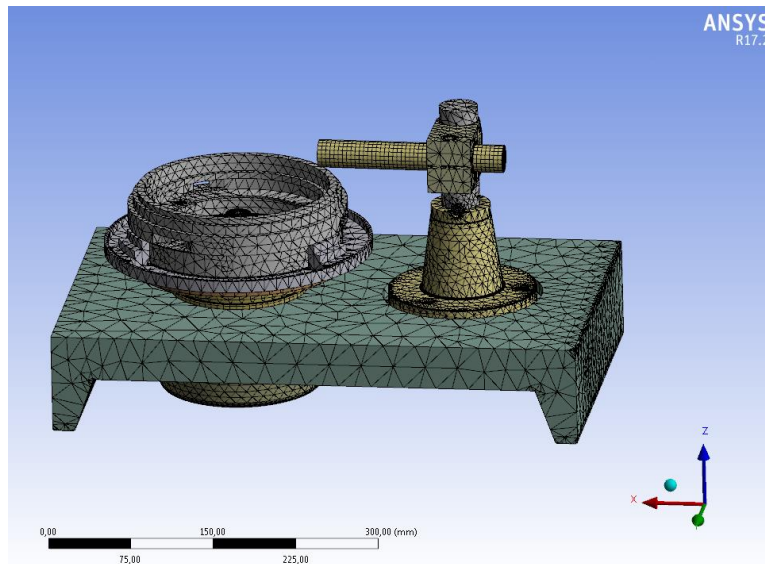


Рисунок 3.8 – Сгенерована сітка СЕА

Параметри сітки та розрахунку наведено в таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Параметри сітки

Розмір сітки	Кількість ділянок сітки	Температура дослідження	Час дослідження
0,112720 мм	173778	22 C <sup>0</sup>	45 секунд

Шляхом розрахунків отримано перші результату аналізу скінчено елементним шляхом на рисунку 3.9.

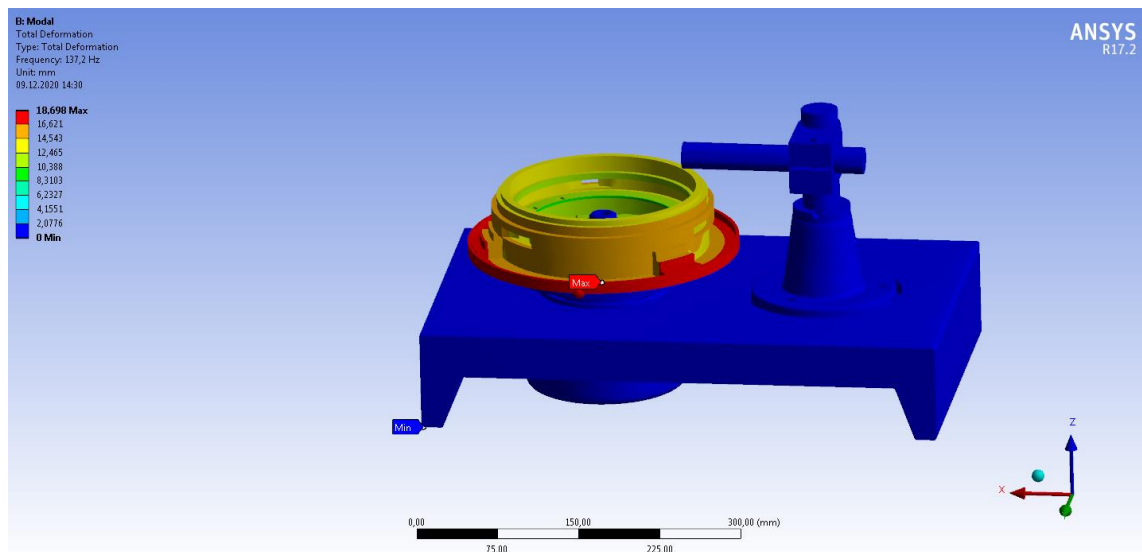


Рисунок 3.9 – Ілюстрація результат модального аналізу

Результати цього аналізу дозволяють запобігти від резонансу. Отримавши загальний результат, можна говорити більш детально і визначити частоти для 1 – 3 критичних частот у процесі контролю деталі та проаналізувати їх. Дані з результату дослідження наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Порівняльна таблиця власних частот, які виникають у процесі контролю деталі

1-ша критична частота, Гц	2-га критична частота, Гц	3-я критична частота, Гц	Частота процесу контролю, Гц
137	176	177,9	38

Для підтвердження отриманих результатів, прикладується три зображення з різними критичними частотами рисунок 3.10 – 3.12.

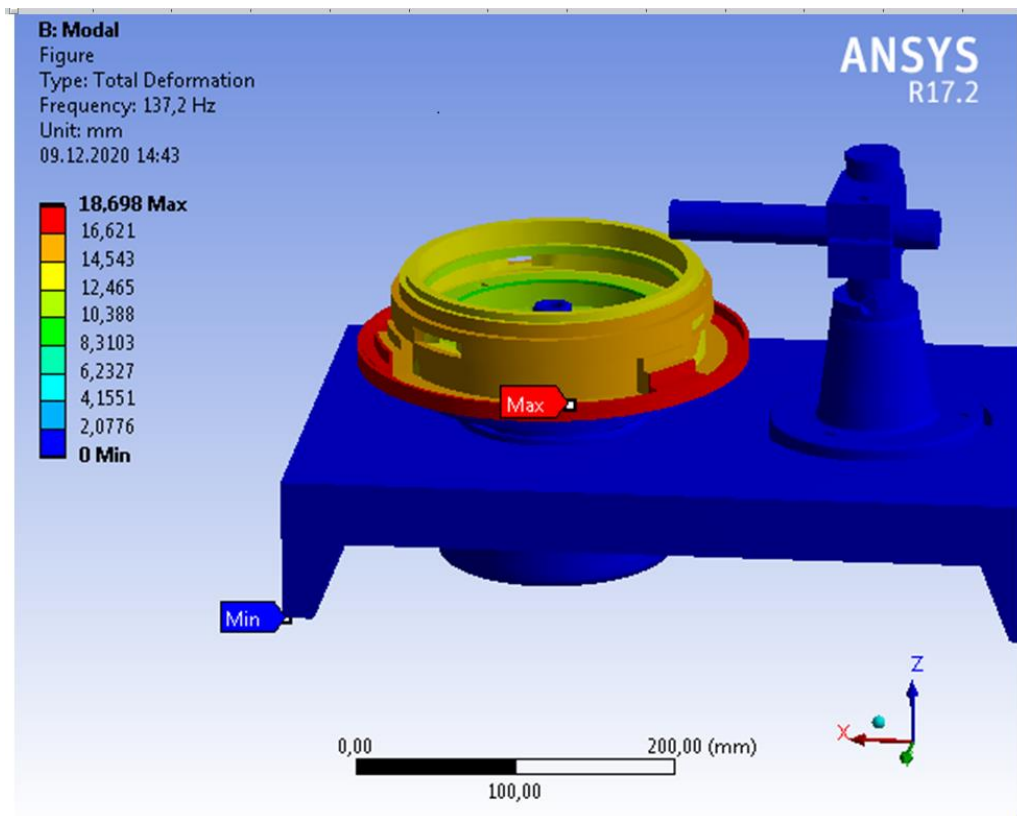


Рисунок 3.10 – Ілюстрація 1-шої критичної частоти системи «КВП – деталь»

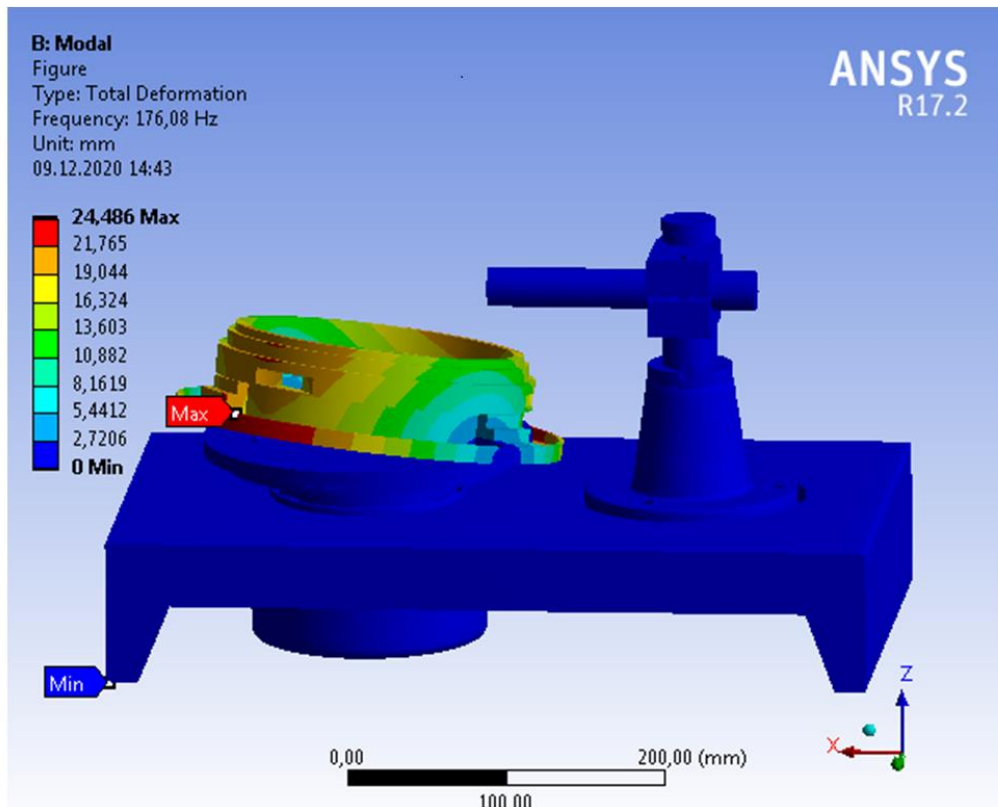


Рисунок 3.11 – Ілюстрація 2 – ої критичної частоти системи «КВП – деталь»

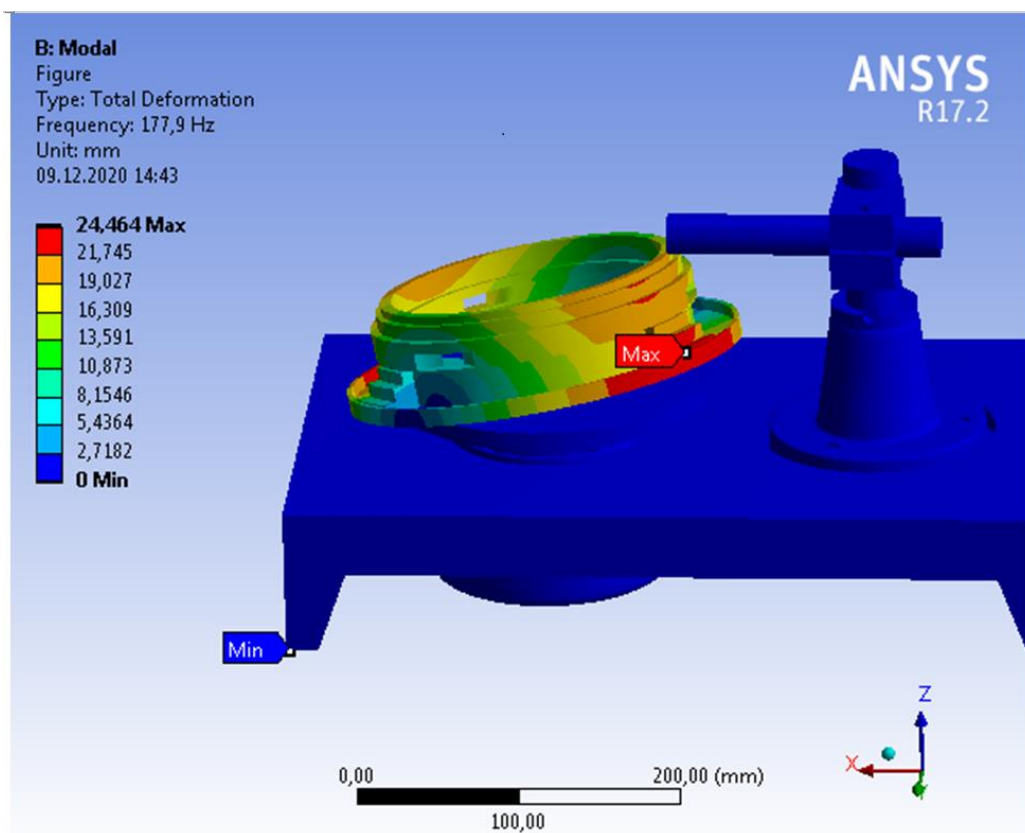


Рисунок 3.12 – Ілюстрація 3 – ї критичної частоти системи «КВП – деталь»



В результаті аналізу скінченно елементним способом отримуємо звіт з програмного забезпечення ANSYS . Одним із елементів звіту – це є побудований графік відповідності частоти коливаль до номера критичної частоти системи. Графік наведено на рисунку 3.13.

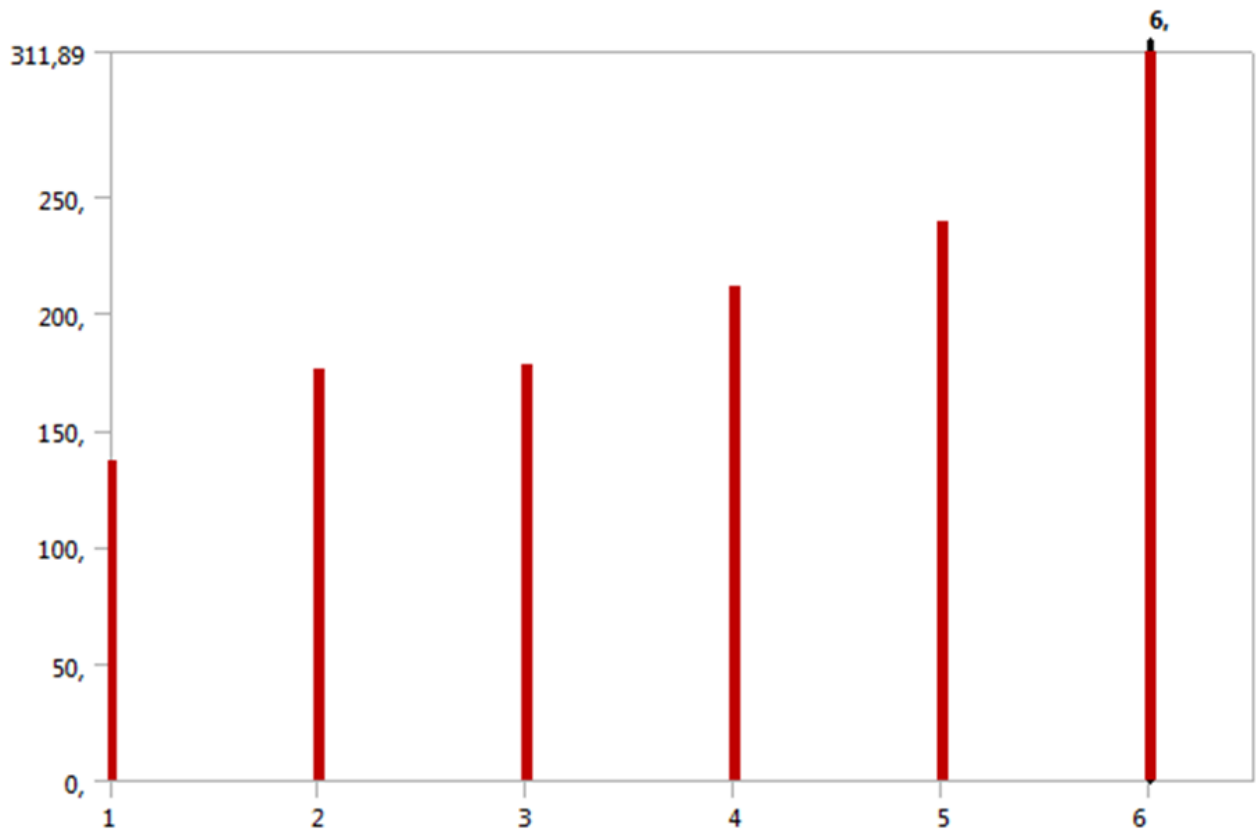


Рисунок 3.13 – Графік власних частот для шести критичних значень

Із табл. 3.4 видно, що для запропонованої конструкції КВП резонансу не виникає, оскільки перша критична частота власних коливань КВП набагато вища за максимальну частоту процесу контролю.

В той же час судячи по отриманим значенням частот коливань 1-ої та 2-ої частоти (рис. 3.10 – 3.11) та їх величини 137 Гц та 176 Гц відповідно досить близькі за значеннями, отже свідчить про те, що розрахунки виконані правильно та модель задовольняє всі умови експлуатації. Результати модального аналізу дають змогу висунути гіпотезу, що жорсткість запропонованого КВП оптимізованої конструкції буде досить достатньою для проведення контролю радіального биття без виникнення резонансних режимів.

### **3.4 Висновки**

1. Запропоновано алгоритм оптимізації технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус» за рахунок підвищення ефективності операції контролю після останньої механічної обробки, де цільовою метою було зниження часу на операцію та підвищення якості, точності контролю. Розраховано та запропоновано схему конструкції контрольно – вимірювального пристрою.

2. Визначено максимальні критичні частоти власних коливань пристосування при роботі у лабораторії ВТК, та отримавши результати було проаналізовано , прийнято і доведено рішення про можливість використання КВП для контролю радіального биття деталі «Корпус».

3. Доведено, що при роботі контрольно – вимірювального пристрою резонанс не виникає.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – 4-е изд., перераб. и доп. – Минск : Вышэйш. школа, 1983. – 256 с.
2. Кован, В. М. Расчет припусков на обработку в машиностроении: справ. Пособие / В.М. Кован – Машгиз, 1953 – 230 с.
3. Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков. / М. А. Ансеров – изд. 4, исправл. и доп. – Ленинград : Машиностроение, 1975. – 656 с.
4. Справочник технолога машиностроителя: в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1986. – т. 2 – 496 с.
5. Егоров, М. Е. Технология машиностроения / М. Е. Егоров, В. И. Дементьев, В. Л. Дмитриев; под ред. М. Е. Егорова. – 2 изд. доп. – Москва : Высшая школа, 1976 – 534 с.
6. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного при работе на металлорежущих станках. Мелкосерийное и единичное производство. / под ред. Р. И. Хисина – Москва: Машиностроение, 1965. – 159 с.
7. Методические указания к выполнению контрольной работы по проектированию станочных приспособлений для студентов заочной формы обучения специальности 0501 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / сост. Г. С. Чумаков. – Харьков: ХПИ, 1986. – 34 с.
8. Корсаков, В. С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении / В. С. Корсаков. – Москва: Машиностроение, 1971. – 288 с.
9. Типовые конструкции станочных приспособлений на базе типовых технологических процессов. Руководящие материалы. – Москва: Оргстанкинпром, 1971 – 1972. – Ч. 1 – 7.

10. Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів для студентів спеціальності 6.05050201 «Технології машинобудування» / укладач В. Г. Євтухов. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 44 с.
11. ТаегуТес Общий каталог / 6114802, СТ 03/2013 - 2013 – 352с.
12. «Основы охорони праці» курс лекцій для студентів всіх спеціальностей ХДАДМ денної та заочної форм навчання. / Ємельянова Л.В., Граніна Н.В., Кашуба С.А., Бондарчук І.Г. – Харків : ХДАДМ, 2014 – 134 с.
13. Якобс Г.Ю. Оптимизация резания/ Г.Ю. Якобс, Э. Якоб, Д. Кохан. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.
14. Даффин Р. Геометрическое программирование/ Р. Даффин, Э. Питерсон, К. Зенер. - М.: Мир, 1972.- 312 с.
15. Грановский Г.И. О методике исследования и назначения режимов резания на автоматических линиях. Вестник машиностроения, 1963. № 10. – С. 7- 12.
16. Грановский Г.И. Резание металлов: Учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов/ Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. – М.: Высш. Шк., 1985. – 304 с.258
17. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. – М.: Основы теории резания металлов. – М.: Машиностроение, 1975. – 273 с.
18. Макаров А.Д. Оптимизация процессов резания.– М.: Машиностроение, 1976.– 278 с.
19. ГОСТ 3.1105-84. Формы и правила оформления документов общего назначения.
20. ГОСТ 3.1107-81 ЕСТД. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения.
21. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски.
22. ГОСТ 8908-81. Основные нормы взаимозаменяемости.23. СНиП 3.05.06-85 Электротехнические устройства
24. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення
25. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

26. ДСТУ 2890-94 Тара і транспортування

27. ДСН 3.3.6.037-99 Санитарные нормы производственного шума, ультразвука и инфразвука

28. ДСН 3.3.6.039-99 Государственные санитарные нормы производственной общей и локальной вибрации

29. ДСТУ Б Д.2.6-3:2012 Ресурсные элементные сметные нормы на пусконаладочные работы. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха

30. ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

31. ГОСТ 13128-2016 Безопасность металлообрабатывающих станков.

32. НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні

33. ГОСТ 12.3.002-2014 ССБТ Процессы производственные. Общие требования безопасности.

34. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ Електробезпека. Захисне заземлення. Занулення

35. ГОСТ 12.4.275-2014 Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования

36. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение

37. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування

