

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 ГІЛЬЗИ ЦИЛІНДРА 75.11.1002021-11 ШЛЯХОМ
ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ОПЕРАЦІЇ КОНТРОЛЮ РАДІАЛЬНОГО БИТТЯ**

Кваліфікаційна робота (проект) магістра

Спеціальність 131 – прикладна механіка

Освітня програма – технології машинобудування

Студент

С. В. Голуб

Керівник

І.М. Дегтярьов

Консультант з розділу охорони праці
та безпеки в надзвичайних ситуаціях

В. В. Фалько

Нормоконтроль

О. В. Івченко

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 (проекту)

другий (магістерський)
(освітньо-науковий рівень)

на тему **«Удосконалення технологічного процесу виготовлення гільзи
циліндра 75.11.1002021-11 шляхом інтенсифікації операції контролю
радіального биття»**

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

(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми: технології
машинобудування

(назва освітньої програми)

Голуб С.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Дегтярьов І.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Суми – 2020 року

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

_____ Віталій ІВАНОВ

«__» _____ 2020 року

ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ

Голуб Сергій Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) **«Удосконалення технологічного процесу виготовлення гільзи циліндра 75.11.1002021-11 шляхом інтенсифікації операції контролю радіального биття»**

керівник проекту Дегтярьов Іван Михайлович канд. техн. наук, ст.викладач.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «__» ____ 2020 року за № ____

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

3. Вихідні дані до роботи (проекту) Креслення деталі «Гільза циліндра 75.11.1002021-11».

Типовий технологічний процес виготовлення деталі.

Типові конструкції вимірювальних пристроїв.

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

1. Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі «Гільза циліндра».

2. Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Гільза циліндра».

3. Науково-дослідна частина.

4. Охорона праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

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 «10» вересня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи (проєкту)	Строк виконання етапів роботи (проєкту)	Примітка
1	Вступ	01.10.2020	
2	Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Гільза циліндра»	01.10.2020	
3	Науково-дослідна частина	01.11.2020	
4	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	01.12.2020	
5	Формулювання загальних висновків	01.12.2020	
6	Підготовка доповіді	10.12.2020	
7	Підготовка презентації	14.12.2020	
8	Оформлення роботи	16.12.2020	

Студент

_____ (підпис)

Сергій ГОЛУБ

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проєкту)

_____ (підпис)

Іван ДЕГТЯРЬОВ

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Робота магістра становить 76 сторінок, 18 таблиць, 19 рисунків, п'ять додатків, бібліографії з 30 джерел на трьох сторінках.

Мета роботи. Удосконалення технологічного процесу виготовлення гільзи циліндра 75.11.1002021-11 шляхом інтенсифікації операції контролю радіального биття.

Для досягнення мети в роботі було поставлено та вирішено такі завдання: 1) виконати аналіз типового технологічного процесу виготовлення гільзи циліндра; 2) удосконалити технологічний процес; 3) спроектувати контрольно вимірювальний пристрій для контролю радіального биття; 4) провести модальний аналіз частот власних коливань спроектованого контрольно вимірювального пристрою.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення гільзи циліндра та операція контролю.

Предмет дослідження – токарні операції з ЧПК, хонінгувальна операція, вимірювальна операція.

Наукова новизна: вдосконалення операції контролю радіального биття за допомогою спроектованого пристрою його моделювання та модальний аналіз.

ГІЛЬЗА ЦИЛІНДРА, ЗАГОТОВКА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, НОРМИ ЧАСУ, ПРИСТРІЙ ДЛЯ ХОНІНГУВАННЯ КОНТРОЛЬНО ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ

ABSTRACT

The master's work consists of 76 pages, 18 tables, 19 figures, five appendices, bibliographies from 30 sources on three pages.

The purpose of the work. Improving the technological process of manufacturing the cylinder liner 75.11.1002021-11 by intensifying the operation of radial beating control.

To achieve this goal, the following tasks were set and solved: 1) perform an analysis of a typical technological process of manufacturing a cylinder liner; 2) to improve the technological process; 3) design a control and measuring device to control the radial beating; 4) perform a modal analysis of the natural frequency of the designed control and measuring register.

The object of study – the technological process of making a cylinder liner and the control operation.

The subject of study – turning with CNC, honing operation, measuring operation.

Scientific novelty: improvement of radial beating control operation with the help of the designed device of its modeling and modal analysis.

CYLINDER SLEEVE, PROCESSING, TECHNOLOGICAL PROCESS, CUTTING MODES, TIME RATES, HONING DEVICE CONTROLLING AND MEASURING

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ГІЛЬЗА ЦИЛІНДРА 75.11.1002021-11».....	6
1.1 Аналіз службового призначення. Опис конструктивних особливостей деталі та умови її експлуатації.....	6
1.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі	10
1.3 Визначення типу виробництва та форми його організації	11
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	18
1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу	19
1.6 Висновок	21
РОЗДІЛ 2 ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ГІЛЬЗИ ЦИЛІДРА	22
2.1 Вибір способу одержання заготовки та розроблення технічних вимог до неї.....	22
2.2 Аналіз та обґрунтування схем базування та закріплення	25
2.3 Складання технологічного маршрута	31
2.4 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів	34
2.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.....	36
2.5 Розрахунок припусків на механічну обробку.	38
2.5 Розрахунок режимів різання.	41
2.6 Технічне нормування операцій.....	48
2.7 Проектування верстатного пристрою	51
2.8 Проектування контрольно-вимірювального пристрою.....	58
2.9 Висновки	68
РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ. МОДАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЧАСТОТ ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ	70
3.1 Модальний аналіз.....	70
3.2 Модальний аналіз КВП.....	72

Висновки	76
ВИСНОВКИ.....	77
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	78
ДОДАТОК А КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ	81
Додаток Б Розрахунок припусків на діаметральні розміри	82
Додаток В ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	83

ВСТУП

Гільза циліндра дуже широко використовується. В наші дні це невід'ємна частина будь-якого двигуна. В двигунах кожного автомобіля є гільза циліндра, вона виконує важливу роль в двигуні. Гільза циліндра піддається різним навантаженням, різної величини. Гільза циліндра являється найбільш навантаженою деталлю двигуна. Вона піддається високим температурним навантаженням і високому тиску збоку суміші палива та газів. Сама гільза циліндра це змінна циліндрична вставка яка встановлюється в блок-картер поршневих двигунів, виготовляється з чавуна і використовується в блоках з алюмінієвих сплавів для зменшення зносу поверхонь та спрощення ремонту. Гільза циліндра визначає робочий об'єм циліндра в якому переміщається поршень. Для того щоб поршень і поршневі кільця щільно прилягали до циліндру і зменшення сил тертя між ними внутрішню поверхню гільзи циліндра обробляють з високою точністю і шорсткістю, тому вона називається дзеркалом циліндра. З зовні вона охолоджується водою, котра циркулює в водяній рубашці.

Об'єкт дослідження технологічний процес виготовлення гільзи циліндра та операція контролю.

Актуальність проблеми. Гільза циліндра використовується в автобудуванні. Автобудування це одна з найважливіших галузей машинобудування, тому до таких деталей застосовують високі вимоги до якості обробки та шорсткості поверхонь. Для виконання вищезазначених вимог та при проектуванні нових технологічних процесів необхідне використання сучасних, високоефективних верстатів з ЧПК, роботів, ЕОМ останніх моделей. При впровадженні останніх досягнень в техніці і науці здійснюється зростання виробництва, ефективність праці підвищується. Це все дає змогу покращити очікуваний рівень життя. Саме тому тема, що розглядається в цій роботі дає таку можливість вирішити поставлені питання і являється актуальною.

Предмет дослідження це деталь «Гільза циліндра 75.11.1002021-11» виробу дизельний двигун Д-130Т.

Метою дослідження є удосконалення технологічного процесу виготовлення гільзи циліндра 75.11.1002021-11 шляхом інтенсифікації операції контролю радіального биття.

Завдання дослідження є:

1. Аналіз технологічного процесу виготовлення гільзи циліндра.
2. Удосконалення існуючого технологічного процесу.
3. Проектування вимірювального пристрою.

Методами дослідження є аналіз технологічного процесу, систематизація і узагальнення отриманої інформації, розроблення вимірювального пристрою, комп'ютерне моделювання власних частот коливання вимірювального пристрою, аналіз результатів, що отримали.

Наукова новизна. Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Гільза циліндра 75.11.1002021-11» можна реалізувати удосконаленням операції контролю.

Практичне значення отриманих результатів. При виконанні дослідження отримана раціональний технологічний процес виготовлення деталі «Гільза циліндра 75.11.1002021-11» та набуто досвід у використанні ANSYS Workbench при дослідженні частот власних коливань вимірювального пристрою.

Особистий внесок здобувача. Результати досліджень, що були проведені отримано отримано здобувачем спільно з науковим керівником роботи.

Апробація роботи. Немає.

Публікації. Немає.

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається з вступу, трьох розділів, списку використаних джерел, додатків. Повний обсяг роботи магістра становить

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ГІЛЬЗА ЦИЛІНДРА 75.11.1002021-11»

1.1 Аналіз службового призначення. Опис конструктивних особливостей деталі та умови її експлуатації

Гільза циліндра призначена для того щоб спростити ремонт двигуна та зменшити знос. Вона запресовується в блок. В її внутрішній поверхні рухається поршень під впливом згорання суміші палива та газів. [6]

На рисунку 1.1 зображено положення деталі у виробі.

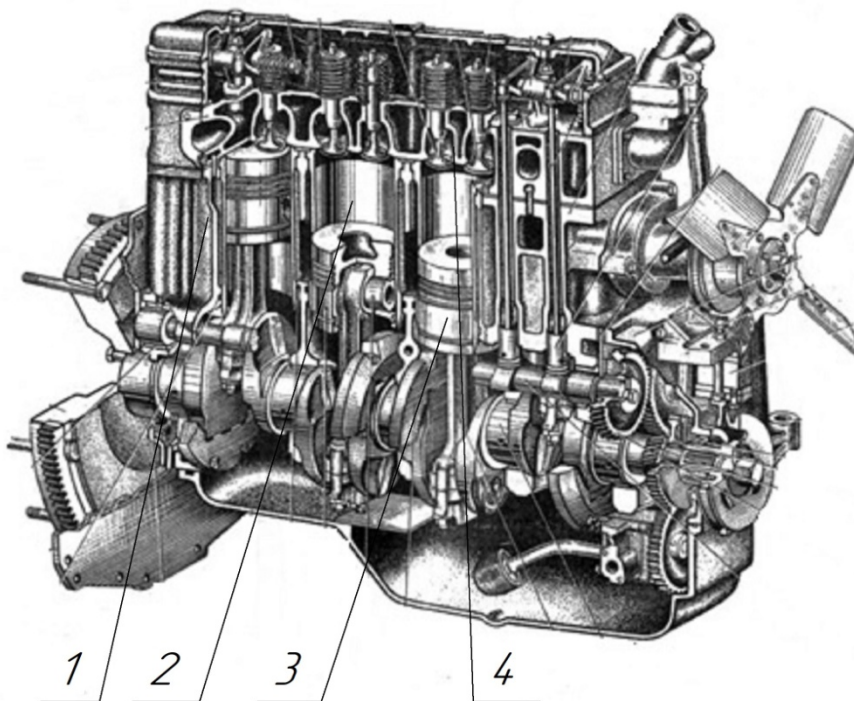


Рисунок 1.1 – Будова двигуна

1.Блок циліндрів. 2. Гільза циліндра. 3. Поршень. 4.Головка циліндрів.

У таблиці 1.1 наведено характеристику кожної поверхні деталі.

Таблиця 1.1 – Характеристика поверхонь деталі

Номер поверхні	Розмір	Кількість	Точність (квалітет)	Шорсткість Ra, мкм	Призначення
Циліндрична внутрішня					
1	Ø130	1	6	2	Виконавча
Лінійні					
13	6,5	2	10	5	ОКБ
1	2	3	4	5	6
11	1,2	1	14	10	Вільна
Циліндрична зовнішня					
2	Ø141	1	14	10	ОКБ
3	Ø144	1	14	10	ОКБ
15	Ø151	1	6	10	ОКБ
4	Ø145	2	10	10	Вільна
5	Ø143,4	1	10	10	Вільна
6	Ø149	1	14	10	Вільна
7	Ø151,5	1	10	10	ОКБ
9	Ø153	1	7	2,5	ОКБ
10	Ø160	1	10	2,5	ОКБ
8	Ø147	1	14	10	Вільна
12	Ø154	1	10	5	Вільна
14	Ø1,6	1	10	5	Вільна

На рисунку 1.2 зображено схему базування деталі у вузлі.

Степені вільності та найменування баз заносимо до таблиці 1.2-1.3

Таблиця 1.2 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Степені вільності	Найменування бази
1,2,3,4	I, II, IV, V	ПНБ
5	III	ОБ
6	VI	Вакансія

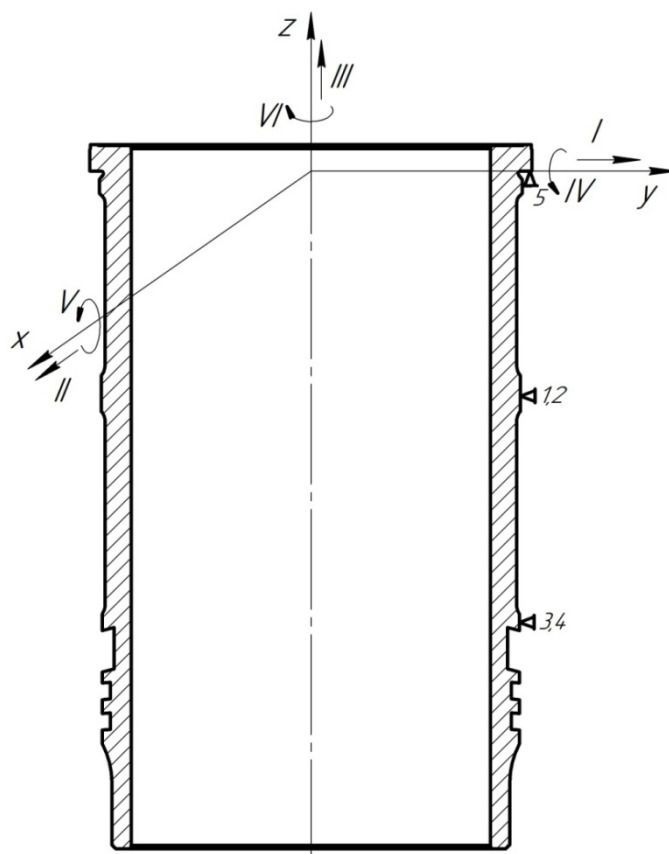


Рисунок 1.2 – Схема базування деталі у вузлі

Таблиця 1.3 – Матриця зв'язків

$X, Y, Z // l, \alpha$	X	Y	Z	Найменування бази
l	1	1	0	ПНБ
α	1	1	0	
l	0	0	1	ОБ
α	0	0	0	
l	0	0	0	Вакансія
α	0	0	0	
Разом	2	2	1	5

По конструкції дана гільза відноситься до «мокрої» групи. Конструкцією двигунів з водяним охолодженням передбачена порожнина в картері двигуна, так називається «рубашка охолодження». Гільза, стикається своєю поверхнею з охолоджувальною рідиною що знаходиться в «рубашці охолодження» називається «мочною». «Мокрі» гільзи циліндрів забезпечують кращий відвід

тепла, але картер двигуна з такими гільзами має меншу жорсткість. Велике розповсюдження ці гільзи отримали на вантажних і тракторних двигунах в силу своєї високої ремонтпридатності. Як правило випускаємі виробниками «мокрі» гільзи не потребують перед установкою доопрацювань. Зношені «мокрі» гільзи в більшості випадків не ремонтують, а замінюють новими без зняття двигуна. Для запобігання прориву газів в охолоджуючу рідину і просочування цієї рідини в циліндр і картер двигуна «мокрі» гільзи комплектуються ущільнювальними прокладками. Внутрішня поверхня гільз ретельно обробляється (хонінгується) для того що б забезпечити наявність необхідної масляної плівки для змащення поршневих кілець

Базовою деталлю будь-якого двигуна, на якій змонтовані всі вузли і деталі, є блок циліндрів. Робочий цикл двигуна відбувається в циліндрах блоку, які служать напрямними для поршнів. Для підвищення зносостійкості циліндрів і спрощення їх ремонту в блок циліндрів запресовуються гільзи.

За своїми конструктивними особливостями гільза циліндру відноситься до деталей класу "порожністі стрижні": особливістю таких деталей є: наявність співвісних зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь. Порожні стрижні працюють в умовах тертя в супроводі циклічних змін температури. Руйнівними чинниками в процесі їх експлуатації є тертя, агресивність середовища, висока температура. Так, основними причинами зносу внутрішньої поверхні гільзи циліндра є стиральна дія поршневих кілець і газова корозія.

Гільза циліндру є тонкостінною оболонкою, тобто ця деталь має тонкі стінки, великі діаметри і довжину, вона мокрого типу, відлита із спеціального чавуну. У верхній частині гільзи робиться бурт, нижньою площиною котрого гільза встановлюється на відповідний торець блоку циліндрів. На верхньому торці бурту є виступ, що захищає прокладку головки циліндрів від впливу на неї гарячих газів. Надійне ущільнення газового стику забезпечує виступ бурту над площиною. За допомогою двох оброблених поясів (верхнього та

нижнього), що розміщені на її зовнішній поверхні здійснюється центрування гільзи.

Для того щоб, запобігти потраплянню води з водяної «рубашки» в порожнину масляного картера, встановлюється в канавках блоку два гумових кільця, щоб ущільнити нижній пояс гільзи.

У верхній частині гільзи для ущільнення гільзи використовується буртик та прокладка головки циліндрів.

Під час вибуху робочої суміші відбувається прорив газів під кільце, особливо під верхнє, в результаті чого збільшується питомий тиск поршневих кілець на стінки гільзи і погіршуються умови мастила. Висока температура вибуху робочої суміші знижує в'язкість масла і міцність масляної плівки. Обкладена поверхню гільзи піддається дії газової корозії.

В результаті зносу гільза циліндра набуває справжню форму неправильного конуса, а по діаметру овалу [6].

1.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі

Наявних на кресленні видів, проекцій, розрізів, виносних елементів цілком достатньо для розуміння загального вигляду виробу. Проте на кресленні є невеликі недоліки: не на всіх видах зображені відповідні фаски, креслення важко читаємо, величини лінійних розмірів в окремих випадках не відповідають рекомендаціям по ГОСТ 6636-89. На кресленні достатньо інформації про матеріал, і спосіб отримання заготовки:

спосіб отримання заготовки – центробіжне лиття, матеріал заготовки чавун марки СЧ25 ГОСТ 1412-85. Хімічний склад матеріалу наведено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Хімічний склад матеріалу СЧ25 ГОСТ 1412-85 у відсотках

C	Si	Mn	S	P
3,2-3,4	1,4-2,2	0,7-1	До 0,15	До 0,2

В таблиці 1.5 наведено фізико- механічні властивості матеріалу.

Таблиця 1.5 – Фізико-механічні властивості

$E \cdot 10^{-5}$, МПа	σ_B , МПа	λ , Вт/(м x град)	ρ , кг/м ³
1	250	50	7200

Деталь має ряд допусків на виготовлення.

Вимоги щодо точності розмірів: не вказані граничні відхилення кутів $\pm 5^\circ$. Не вказано граничні відхилення для внутрішніх і зовнішніх розмірів. На ділянках до 15мм від верхнього і 55 мм від нижнього торців допускається збільшення допусків круглості і прямолінійної до 0,008мм. На розмір діаметром 130 конструктором встановлено відхилення яке не відповідає ГОСТ 25347-82, зазначимо відхилення +0,025 мм.

Вимоги по шорсткості: шорсткість не вказаних поверхонь $R_a = 12,5$ мкм, основних і базових поверхонь $R_a=1,25-6,3$ мкм, що є прийнятним.

Вимоги за формою поверхонь: всі необхідні допуски форми та розташування поверхонь позначені на кресленні. Вимоги до биття поверхонь не занижені.

Виходячи з функціонального призначення деталі і аналізу технічних вимог можна зробити наступні висновки:

призначені конструктором розмірна і геометрична точність забезпечать нормальну роботу;

креслення не потребує доповнення (крім виправлення дрібних недоліків зазначених вище).

1.3 Визначення типу виробництва та форми його організації

Для того щоб визначити характер і побудову технологічного процесу спочатку визначимо тип виробництва. Тип виробництва визначимо згідно із стандартом ГОСТ 14.004-83 за коефіцієнтом закріплення операцій (Кзо).

Розрахунки, представлені у данному розділі виконані за загальноприйнятою методикою [20].

Річна програма виготовлення деталі N=6500 шт.

На рисунку 1.3 показано ескіз деталі.

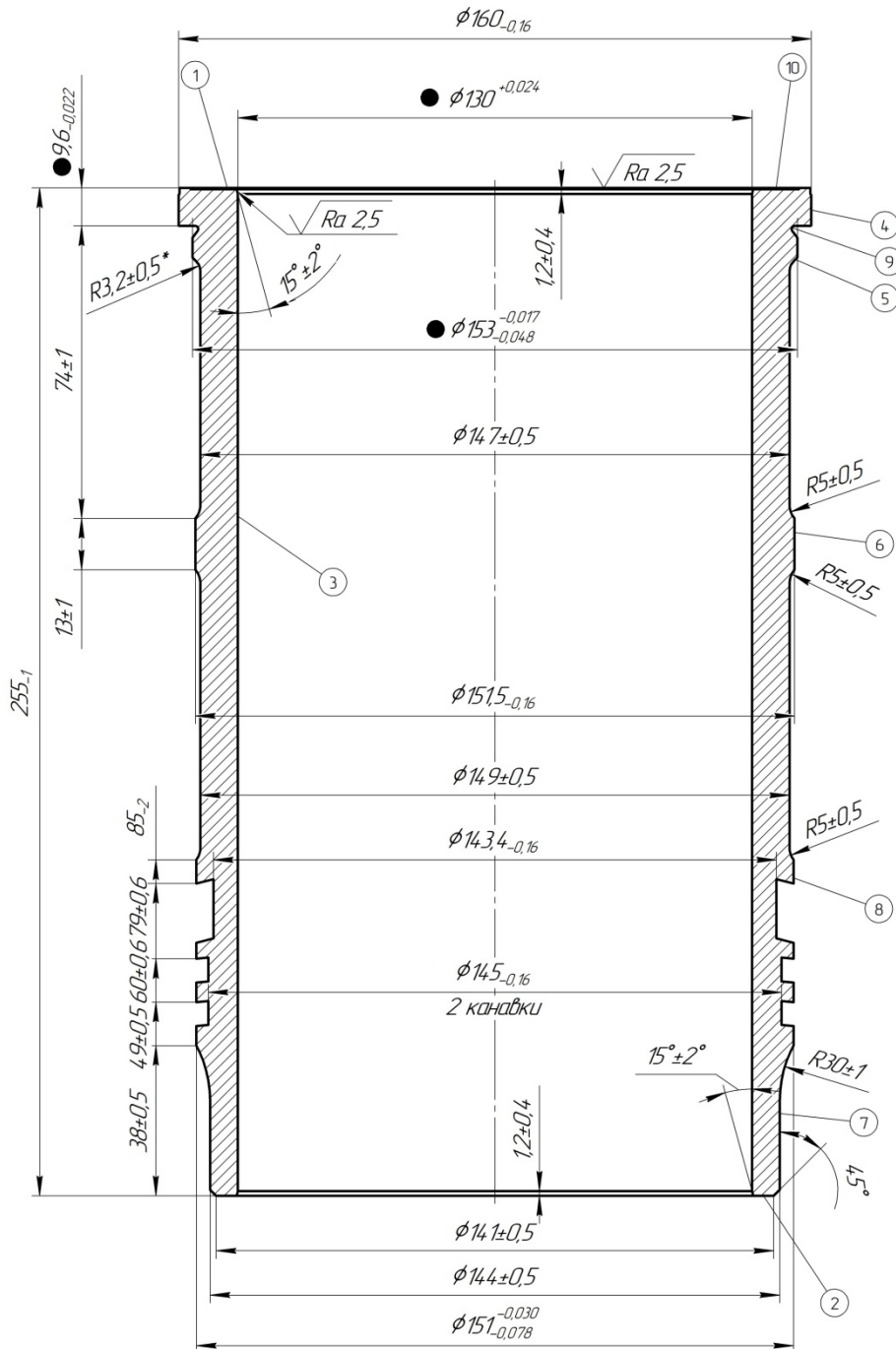


Рисунок 1.3 – Ескіз деталі

В таблиці 1.6 розписано визначення штучно-калькуляційного часу.

Таблиця 1.6 – Визначення штучно-калькуляційного часу

Номер операції	Найменування і зміст операції	Основний час T_o , хв		φ_k	$T_{шт-к}$ ($T_{шт}$) хв
		Формула для визначення	Значення		
1	2	3	4	5	6
005	Заготовка: виливок				
010	Токарна		0,2	1,36	0,27
	Підрізати торці 1 і 2 одночасно	$0,037(D^2-d^2)=$ $0,037(126^2-101^2)$	0,2		
015	Вертикально-розточувальна		5,4	3,25	17,55
	Розточити поверхню 3	$0,2dl=0,2 \times 108 \times 250$	5,4		
020	Токарна		5,41	1,36	7,35
	Точити поверхню 4	$0,17dl = 0,17 \times 136$ $\times 14$	0,32		
	Точити поверхню 5	$0,17dl = 0,17 \times 136$ $\times 12$	0,28		
	Точити поверхню 6	$0,17dl = 0,17 \times 128$ $\times 194$	4,2		
	Точити поверхню 7	$0,17dl = 0,17 \times 120$ $\times 30$	0,61		
025	Токарна		0,79	1,36	1,07
	Підрізати торець 1	$0,037(D^2-d^2)=$ $0,037(120^2-108^2)$	0,1		
	Підрізати торець 2	$0,037(D^2-d^2)=$ $0,037(134^2-108^2)$	0,23		
	Точити поверхню 4	$0,17dl = 0,17 \times 134$ $\times 12$	0,27		
	Точити поверхню 5	$0,17dl = 0,17 \times 128$ $\times 9$	0,19		
030	Горизонтально-розточувальна		5,4		5,4
	Розточити поверхню 3	$0,2dl=0,2 \times 110 \times 247$	5,4		

035	Токарна		4,78	1,36	6,5
-----	---------	--	------	------	-----

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6
	Точити поверхню 6 начисто	$0,17dl = 0,17 \times 125$ $\times 143$	3,04		
	Точити поверхню 8	$0,17dl = 0,17 \times 126$ $\times 53$	1,14		
	Точити поверхню 7	$0,17dl = 0,17 \times 119$ $\times 30$	0,6		
040	Токарна чистова		1,68	1,5	2,52
	Точити торець 1	$0,052(D^2-d^2)=$ $0,052(119^2-110^2)$	0,11		
	Точити поверхню 8	$0,17dl = 0,17 \times 125$ $\times 51$	1,1		
	Точити поверхню 4	$0,17dl = 0,17 \times 133$ $\times 9,65$	0,22		
	Точити поверхню 5	$0,17dl = 0,17 \times 126$ $\times 10$	0,22		
	Точити поверхню 9	$0,17dl = 0,17 \times 110$ $\times 1$	0,02		
	Точити поверхню 10	$0,17dl = 0,17 \times 110$ $\times 0,5$	0,01		
045	Токарна чистова		0,6	1,5	0,9
	Точити поверхню 7	$0,17dl = 0,17 \times 118$ $\times 30$	0,6		
050	Хонінгувальна		48,9	1,55	75,8
	Хонінгувати поверхню 3	$1,8dl = 1,8 \times 110$ $\times 247$	48,9		

Визначаємо тип виробництва. Для початку розрахуємо кількість верстатів за операціями:

$$m_p = \frac{N \times T_{шт.к}}{60 \times F_d \times \eta_{з.н.ср}} \quad (1.1)$$

де $F_d = 4029$ год. – дійсний річний фонд часу роботи верстата [20];

$\eta_{з.н.ср} = 0,75 - 0,8 = 0,8$ – усереднене значення нормативного коефіцієнта завантаження верстата [20];

N – річна програма виготовлення деталей;

$T_{шт-к}$ – штучно-калькуляційний час.

Визначимо фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця:

$$\eta_{з.ф} = \frac{m_p}{P} \quad (1.2)$$

де m_p – розрахункова кількість верстатів за операціями;

P – кількість робочих місць.

Кількість операцій, виконуваних на робочому місці:

$$O = \frac{\eta_{з.н.ср}}{\eta_{з.ф}} \quad (1.3)$$

де $\eta_{з.н.ср} = 0,75 - 0,8 = 0,8$ – усереднене значення нормативного коефіцієнта завантаження верстата;

$\eta_{з.ф}$ – коефіцієнт фактичного завантаження верстата.

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.7 і визначаємо $\sum T_{шт-к}$; $\sum P$, $\sum O$.

Розрахуємо коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{з.о} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{153,71}{9} = 17,63. \quad (1.4)$$

У нашому випадку $K_{з.о}$ відповідає середньо серійному типу виробництва, згідно з ГОСТом 14.004-83 виробництво середньо серійне $10 < K_{з.о} \leq 20$.

Таблиця 1.7 – Визначення коефіцієнта закріплення операції

Номер операції	Найменування операції	$T_{шт-к}$ ($T_{шт}$) хв	m_p	P	$\eta_{з.ф}$	O
1	2	3	4	5	6	7
010	Токарна	0,27	0,009	1	0,009	88

015	Вертикально розточувальна	17,55	0,5	1	0,5	1,6
020	Токарна	7,35	0,25	1	0,25	3,2

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4	5	6	7
025	Токарна	1,07	0,036	1	0,036	22
030	Горизонтально розточувальна	5,4	0,18	1	0,18	4,4
035	Токарна	6,5	0,21	1	0,21	3,8
040	Токарна чистова	2,52	0,85	1	0,085	9,4
045	Токарна чистова	0,9	0,03	1	0,03	26
050	Хонінгувальна	75,8	2,54	1	2,54	0,31
	Σ	117,36	-	9	-	158,71

Добовий випуск деталей:

$$N_{\text{доб}} = \frac{N}{254} = \frac{6500}{254} = 26 \text{ шт.} \quad (1.5)$$

де 254 – кількість робочих днів у році.

Розраховуємо партію запуску:

$$N_{\text{парт.р}} = N_{\text{доб}} \times a = 26 \times 24 = 624 \text{ шт} \quad (1.6)$$

де $a=24$ дні – періодичність запуску деталей у виготовлення.

Коректуємо розмір партії за рахунок визначення числа змін на оброблення всієї партії:

$$Z = \frac{T_{\text{ср}} \times N_{\text{парт.р}}}{F_3 \times \eta_{\text{з.н}}} = \frac{13,04 \times 624}{476 \times 0,75} = 22,7 \quad (1.7)$$

де $F_3 = \frac{F_{\text{доб}}}{v} = \frac{952}{2} = 476$ хв – змінний фонд часу роботи верстатів;

$v = 2$ зміни – кількість змін за добу;

$\eta_{\text{з.н}} = 0,75$ – нормативний коефіцієнт завантаження устаткування.

Число змін Z округляємо до найближчого цілого значення $Z_{\text{пр}}=23$.

Тоді число деталей у партії:

$$N_{\text{пар}} = \frac{F_3 \times Z_{\text{пр}} \times \eta_{\text{з.н}}}{T_{\text{ср}}} = \frac{476 \times 23 \times 0,75}{13,04} = 630 \text{ шт.} \quad (1.8)$$

Серійне виробництво характеризується [13] виготовленням обмеженої номенклатури виробів їх партіями (серіями), що повторюються через певні проміжки часу. Кількість операцій становить від 1 до 40. Виробнича партія – це група заготовок одного типорозміру та найменування, які запускаються одночасно в обробку.

Умовно серійне виробництво поділяють на дрібносерійне, середньо серійне і великосерійне, в залежності від кількості заготовок у серії та її повторюваності. Дрібносерійне виробництво наближається до одиничного, за своїми характеристиками; великосерійне – до масового. Кількість операцій у великосерійному виробництві від 1 до 10, у середньо серійному – від 10 до 20, у дрібносерійному – від 20 до 40.

Технологічне обладнання і оснащення використовується універсальне, в тому числі верстати з ЧПК, частково спеціалізоване, універсальне із спеціальним оснащенням.

Обладнання з ЧПК – це обладнання з числовим програмним керуванням. В серійному виробництві використання такого обладнання є найбільш ефективним. Обладнання з ЧПК надає можливість швидко і оперативно переходити на випуск інших деталей за допомогою введення іншої керуючої програми для виконавчих органів обладнання, цим самим забезпечується достатня продуктивність в умовах достатньо широкої номенклатури виробів.

Кваліфікація працівників у серійному виробництві різна. Так як серійне виробництво має широкий діапазон характеристик та різноманатне обладнання тут використовується як праця висококваліфікованих робітників, так і праця низько кваліфікованих робітників, котрі працюють на спеціалізованому обладнанні.

За собівартістю продукції і продуктивністю серійне виробництво займає проміжне місце між одиничним і масовим.

У промисловості найбільш поширеним являється серійне виробництво. Велика частина продукції приладобудування, легкої промисловості, машинобудування являється продукцією серійного виробництва [2,3].

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Данні показники характеризують технологічність конструкції загально. Якісні показники це: матеріал деталі, базування та закріплення деталі у верстаті, розміщення розмірів, допуски форми та розташування, геометрична форма, можливість використання прогресивних способів обробки поверхонь.

Гільза циліндра є типовим представником деталей типу тіл обертання, виготовляється з чавуну марки СЧ25 ГОСТ .1412-85 Хімічний склад наведено в таблиці 2.1.

Механічні властивості представлені в пункті 2. Аналізуючи деталь за матеріалом необхідно відзначити, що СЧ25 має гарну оброблюваність. Маса заготовки 9 кг, а готової деталі 7,49 кг, це свідчить про те, що при закріпленні та транспортуванні на перших операціях не потрібно використовувати підйомні механізми.

Габарити деталі досить великі діаметр 160/255 мм, виходячи з розмірів деталі можемо зробити висновок, що для її механічної обробки потребує великих розмірів робочої зони , це вплине на розміри обладнання. Обладнання, що використовується має не велику вартість, затрати на обслуговування та сервісні затрати.

Розглянувши креслення деталі можемо зробити висновок, що воно виконане відповідно ГОСТ 21.501-2011, наведена достатня кількість видів, що дозволяє без труднощів читати креслення.

Аналізуючи форму поверхні деталі, можна зазначити, що деталь має багато простих поверхонь, складні поверхні також є, але їх не багато.

Вимоги, що наведені на кресленні деталі являються обґрунтованими та повними тому, що вона являється відповідальною і це знадобиться щоб забезпечити відповідну якість та точність поверхонь, тому за цим пунктом деталь технологічна.

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

Деталь має точні поверхні (6-8 квалітетів), з низькою шорсткістю, $R_a = 2,5-1,6$ мкм, через, що потрібна відповідна кількість операцій, а в результаті це вплине на собівартість виробу в цілому, так і грубі поверхні (10-12 квалітетів) з шорсткістю $R_a = 10-5$ мкм, Для того щоб отримати ці вимоги потрібно використовувати точне чистове обладнання, достатню кількість операцій та переходів (чорнові, пів чистові, чистові), відповідні режими різання та технологічну оснастку. Забезпечуючи данні вимоги вартість готової деталі збільшиться, через використання точного нового обладнання (з відповідними габаритами робочої зони), технологічної оснасти (вимірювальна оснастка, пристрої). Всі ці фактори призведуть до збільшення амортизаційних відрахувань, подорожання основних фондів.

Конструктором пред'явлені досить жорсткі вимоги що до форми. Для того щоб досягти ці вимоги потрібно застосувати відповідну кількість операцій з використанням режимів різання котрі дозволять отримати данні допуски і забезпечити необхідну якість поверхні.

Розглянувши конструкцію деталі гільза циліндра та особливості її якісних показників, можна поставити оцінку добре.

1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу

В цьому пункті розглянемо технологічний процес виготовлення деталі «Гільза циліндра 75.11.1002021-11».

Технологічний процес складено відповідно виконання технічних вимог одержання даної деталі(дивись таблицю 1.8)

Таблиця 1.8 – Базовий технологічний процес

Номер операції	Найменування операції	Короткий зміст операції	Обладнання
1	2	3	4
005	Токарно-гвинторізна	Підрізка торцю	Токарно-гвинторізний верстат моделі 16К40П
010	Токарно-гвинторізна	Підрізка торцю	Токарно-гвинторізний верстат моделі 16К40П
015	Вертикально-розточувальна	Чорнове розточування отвору з шорсткістю $Ra=12,5$ мкм	Вертикально-розточувальний верстат моделі 2777В
020	Токарно-копіювальна	Чорнове точіння зовнішніх циліндричних поверхонь з шорсткістю $Ra=12,5$ мкм	Токарний багаторізцевий копіювальний напівавтомат моделі 1Н713
025	Токарно-багаторізцева	Ніпівчистове точіння верхнього пояса, напівчистова підрізка торців $Ra=6,3$ мкм	Токарний багаторізцевий копіювальний напівавтомат моделі 1А730
030	Вертикально-розточувальна	Чорнове розточування отвору з шорсткістю $Ra=6,3$ мкм	Вертикально-розточувальний чотирьохшпindelний верстат моделі СМ 870
035	Вертикально-хонінгувальна	Чорнове хонінгування отвору з шорсткістю $Ra=6,3$ мкм	Вертикально-хонінгувальний верстат моделі 3М86
040	Токарна з ЧПК	Напівчистове точіння зовнішніх циліндричних поверхонь з шорсткістю $Ra=6,3$ мкм	Токарний напівавтомат з ЧПК моделі 16К20Т1

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4
045	Токарно-багаторізева	Ніпівчистове точіння нижнього пояса та канавок напівчистова підрізка торців Ra= 6,3 мкм	Токарний багаторізевиий копіювальний напівавтомат моделі 1A730
050	Токарна зЧПК	Чистове точіння верхнього пояса та канавок з шорсткістю Ra= 6,3 мкм	Токарний напівавтомат з ЧПК моделі 16K20T1
055	Вертикально-хонінгувальна	Напівчистове хонінгування отвору з шорсткістю Ra= 6,3 мкм	Вертикально-хонінгувальний верстат моделі 3M86
060	Вертикально-хонінгувальна	Чистове хонінгування отвору з шорсткістю Ra= 1,6 мкм	Вертикально-хонінгувальний верстат моделі 3M86
065	Промивальна		Ванна
070	Маркувальна		
075	Технічний контроль		Стіл ВТК

1.6 Висновок

Отримано такі результати:

- аналіз призначення і конструктивних особливостей деталі «Гільза циліндра» указує на раціональність конструкції деталі і відповідає призначених технічних вимог на виробництво;
- існуючий технологічний процес зорієнтований на застосування застарілого обладнання і його можна покращити за допомогою більш сучасного устаткування.

РОЗДІЛ 2

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ГІЛЬЗИ ЦИЛІДРА

2.1 Вибір способу одержання заготовки та розроблення технічних вимог до неї

Розрахунки, що представлені у даному розділі виконані за загальноприйнятою методикою [2].

Заготовку можна одержати за двома способами.

Перший спосіб лиття по виплавляємим моделям.

Вартість заготовок визначається за формулою [2]:

$$S_z = M_z \times C_{\text{опт}} \times \left(1 + \frac{Q_{\text{мз}}}{100}\right) - (M_z - Q_d) \times C_{\text{відх}} \quad (2.1)$$

де M_z – маса заготовки, $M_z = M_d + 0,2 \times M_d = 7,49 + 0,2 \times 7,49 = 8,98$;

$Q_{\text{мз}}$ – транспортно-заготівельні витрати 6%;

Q_d – маса деталі 7,49 кг;

$C_{\text{відх}}$ – ціна 1 кг відходів(7,3грн.).

Оптова ціна 1кг заготовок при литті по моделях що виплавляються:

де $C_6 = 35770$ - вихідна оптова ціна 1 т заготовок із сірого чавуну.

$K_{\text{пор}} = 1$ – коефіцієнт порівняльної вартості матеріалу щодо сірого чавуну і способу лиття.

$K_m = 0,88$ – коефіцієнт, що враховує масу матеріалу.

$K_{\text{скл}} = 1,39$ - коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки.

$K_{\text{ов}} = 1,15$ - коефіцієнт, що враховує обсяг виробництва.

$$C_{\text{опт1}} = \frac{C_6}{1000 \times K_{\text{пор}} \times K_m \times K_{\text{скл}} \times K_{\text{ов}}} = 26(\text{грн}) \quad (2.2)$$

$$S_{z1} = 8,98 \times 26 \times \frac{1 + 6}{100} - 8,98 - 7,49 \times 7,3 = 232(\text{грн})$$

Другий спосіб – лиття у піщано-глинясті форми

Оптова ціна 1 кг заготовок при литті в піщано-глинясті форми:

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
9,6	0,8	0,5	1,2	чорнова	0,6	3	1,3	12
Ø160	1,8	0,8	2,4	чистова	1,7	3	3,3	Ø167±1,7

Визначаємо клас розмірної точності відливка за ГОСТ 26645-85 (таблиця 9): 7т.

Положення виливка в формі: горизонтальне .

Визначаємо ступінь жолоблення елементів виливка за табл.10[21]. Якщо співвідношення найменшого розміру (9,6мм) до найбільшого (255 мм) дорівнює 0,03 – беремо 7 ступінь жолоблення для багаторазових форм та виливків з термічною обробкою

За таблицею 11[21] визначаємо ступінь точності поверхонь – беремо 8 ступінь точності .

За таблицею 12 [21] визначаємо шорсткість поверхні виливка Ra=10мкм.

За таблицею 13 [21] визначаємо клас точності маси – 7.

За таблицею 14 [21] визначаємо ряд припусків – 3.

Технічні вимоги:

- Заготовка – виливок.
- Припуски та допуски відповідно до ГОСТ 26645-85.
- На торцях отвору допускаються задирки висотою до 1мм.

На рисунку 2.1 зображено креслення заготовки.

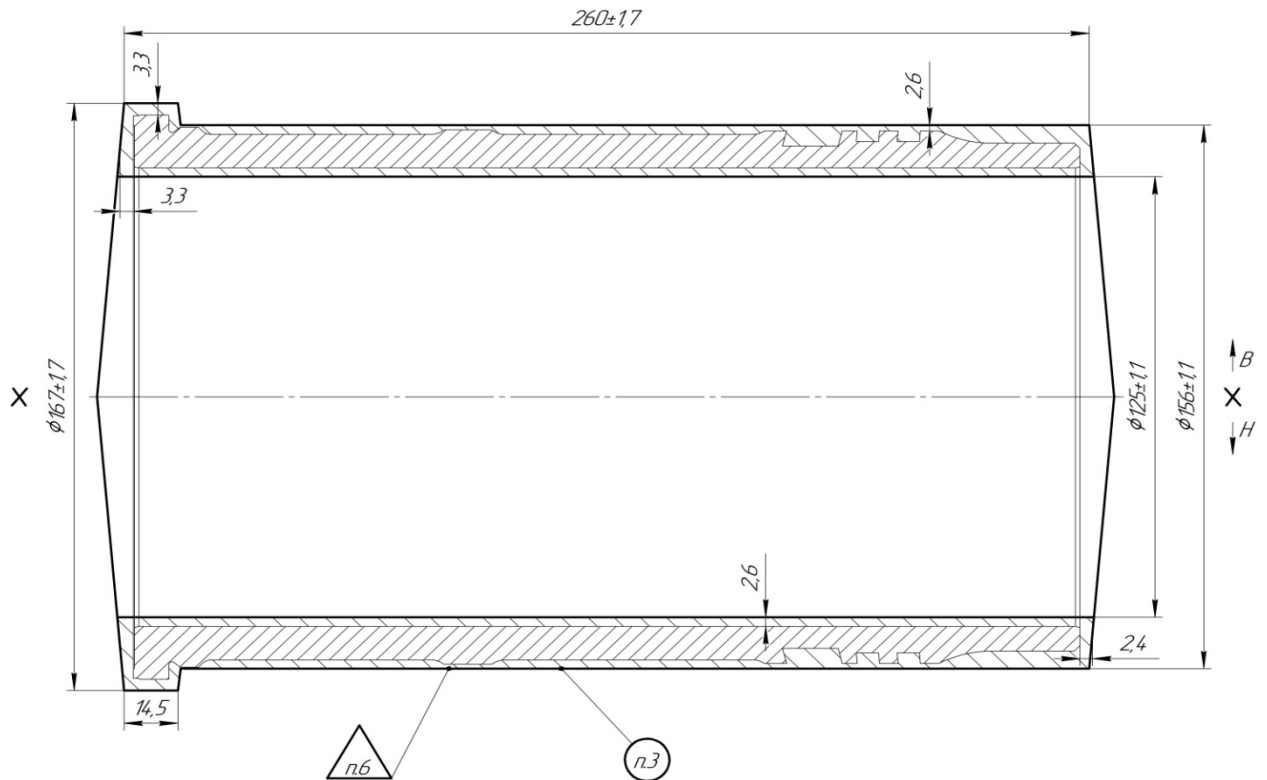


Рисунок 2.1 – Креслення заготовки

2.2 Аналіз та обґрунтування схем базування та закріплення

На операції 030 «токарна з ЧПК» проводиться обробка чотирьох поверхонь. При виборі схеми базування та закріплення потрібно керуватися рекомендаціями .

При виборі схеми базування потрібно дотримуватися наступних міркувань: чистові бази повинні бути точними поверхнями, що мають достатню площу; потрібно дотримуватися принципу єдності баз (суміщення технологічної, вимірювальної та конструкторської баз); забезпечити можливість швидкого та простого закріплення заготовки; використовувати принцип сталості баз; забезпечити вільний доступ інструменту в зону різання.

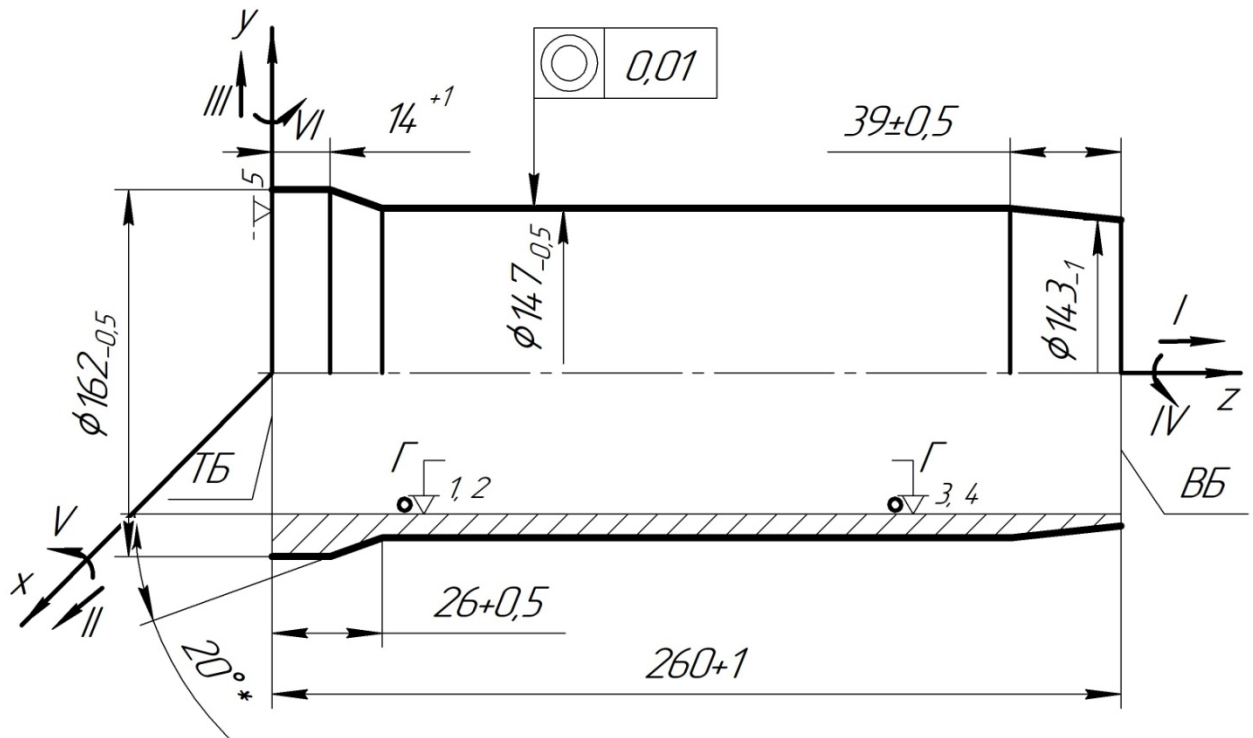


Рисунок 2.2 – Схема базування заготовки (операція 030)

Розглянемо можливі схеми закріплення і базування при обробці заготовки.

Так як закріплення заготовки на гідропластовій оправці є найпростішим та перевіреним варіантом і дозволяє без перешкод обробити всі поверхні заготовки які потрібно.

Найбільш ефективний спосіб закріплення заготовки на даній операції – закріплення на гідропластовій оправці.

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (2.3)$$

де ε_6 – похибка базування;

ε_3 – похибка закріплення заготовки.

Так як для розміру $l=26$ і розміру $l=14$ технологічна та вимірювальна бази співпадають то похибка $\varepsilon_6 = 0$, а для розміру $l=30$ бази не співпадають тому похибка базування буде, але так як поверхні обробляються за один установ то похибка прямує до нуля.

В якості опорної бази приймаємо лівий торець, а внутрішня циліндрична поверхня буде подвійною направляючою базою.

При цьому варіанті базування можна забезпечити просте і швидке кріплення. При обробці поверхонь що зазначені на даній операції 030 використовується 1 різальний інструмент, контурний різець. Ця схема базування задовольняє всі критерії вільного доступу різального інструменту в зону різання та вільний відхід чи вихід із неї.

Для обробки можна вибрати ще один варіант закріплення заготовки закріплення в трьох кулачковому на розжим патроні з під жимом задньою бабкою.

Схема базування при закріпленні в патроні на розжим з під жимом задньою бабкою не зміниться, а отже і похибка закріплення не зміниться. На погрішність цих двох методів закріплення може впливати технічний фактор і людський, тому рекомендую використати гідропластову оправку.

Розглянемо можливі варіанти схем базування заготовки на операції 070 «хонінгувальна». На цій операції обробляєть лише одна внутрішня поверхня. Можливі схеми базування наведені на рисунках 2.3 та 2.4.

З усіх поверхонь що утворюють заготовку на головну базову поверхню може претендувати тільки одна, зовнішня поверхня діаметром 151. Циліндрична поверхня діаметром 151, яка була прийнята в якості головної бази, позбавляє заготовку чотирьох ступенів вільності, тобто являється подвійною напрямною. Вона оброблена з достатньою точністю, гарно розвинута поверхня. Використання даної поверхні як базової не перешкоджає доступу інструменту.

Для того щоб закріпити заготовку для обробки потрібно вибрати ще одну базову поверхню. За другу базу обираємо нижній торець заготовки який буде виконувати роль установчої бази так як позбавляє заготовку трьох ступенів вільності.

На даній операції заготовку можна закріпити двома способами. Перший спосіб закріплення це базувати заготовку по поверхні діаметром 151

мм, та нижньому торцю заготовка буде позбавлена п'яти ступенів вільності. Другий спосіб закріплення це базування заготовки по поверхні діаметром 153 мм та буртику діаметром 160 мм. В таблиці 2.2 наведено відповідність баз, а в таблиці 2.3 матриця зв'язків до рисунка 2.3.

Таблиця 2.2 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Степені вільності	Найменування бази
1,2,3	I, V, VI	УБ
4,5	II, III	ПОБ
6	IV	Вакансія

Таблиця 2.3 – Матриця зв'язків

X,Y,Z / $l\alpha$	X	Y	Z	Найменування баз
l	0	0	1	УБ
α	1	1	0	
l	1	1	0	ПОБ
α	0	0	0	
l	0	0	0	
'	0	0	0	
Разом	2	2	1	

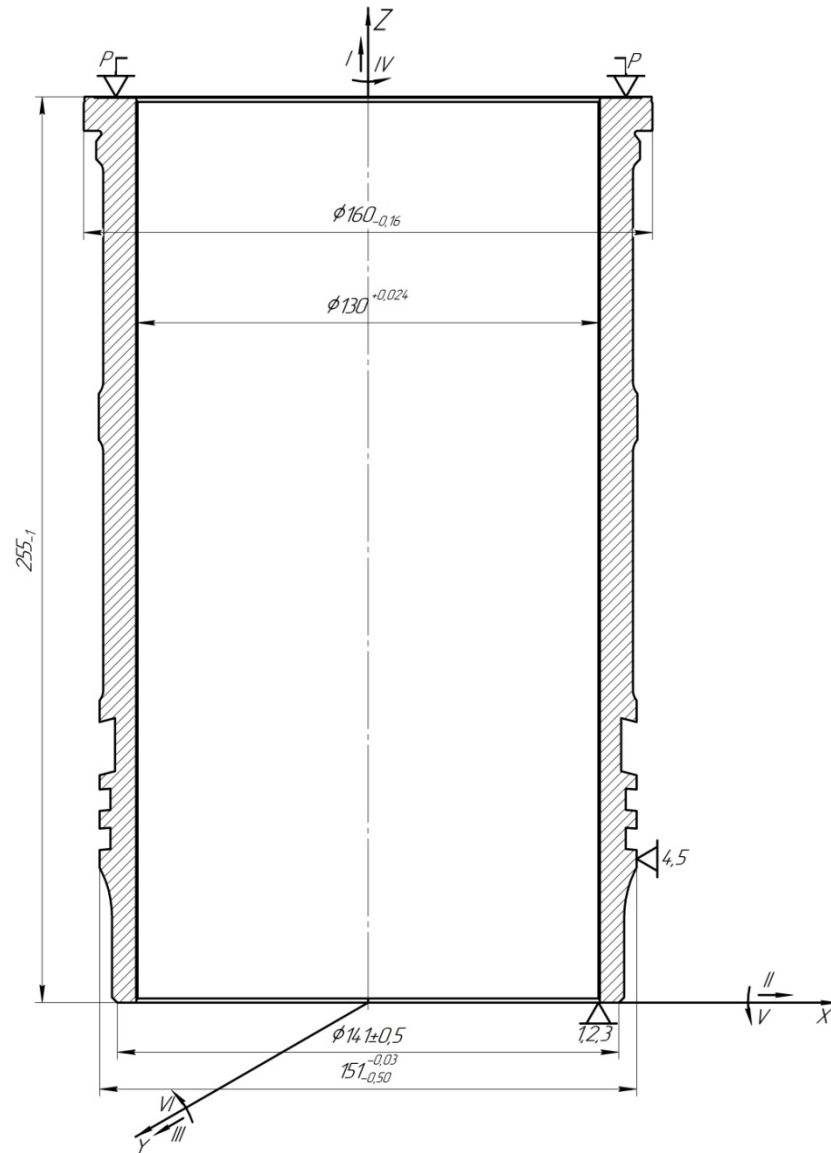


Рисунок 2.3 – Схема базування заготовки за першим способом

В таблиці 2.4 наведено відповідність баз, а в таблиці 2.5 матриця зв'язків до рисунка 2.4.

Таблиця 2.4 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Степені вільності	Найменування бази
1,2,3,4	II, III, V, VI	ПНБ
5	I	НБ
6	IV	Вакансія

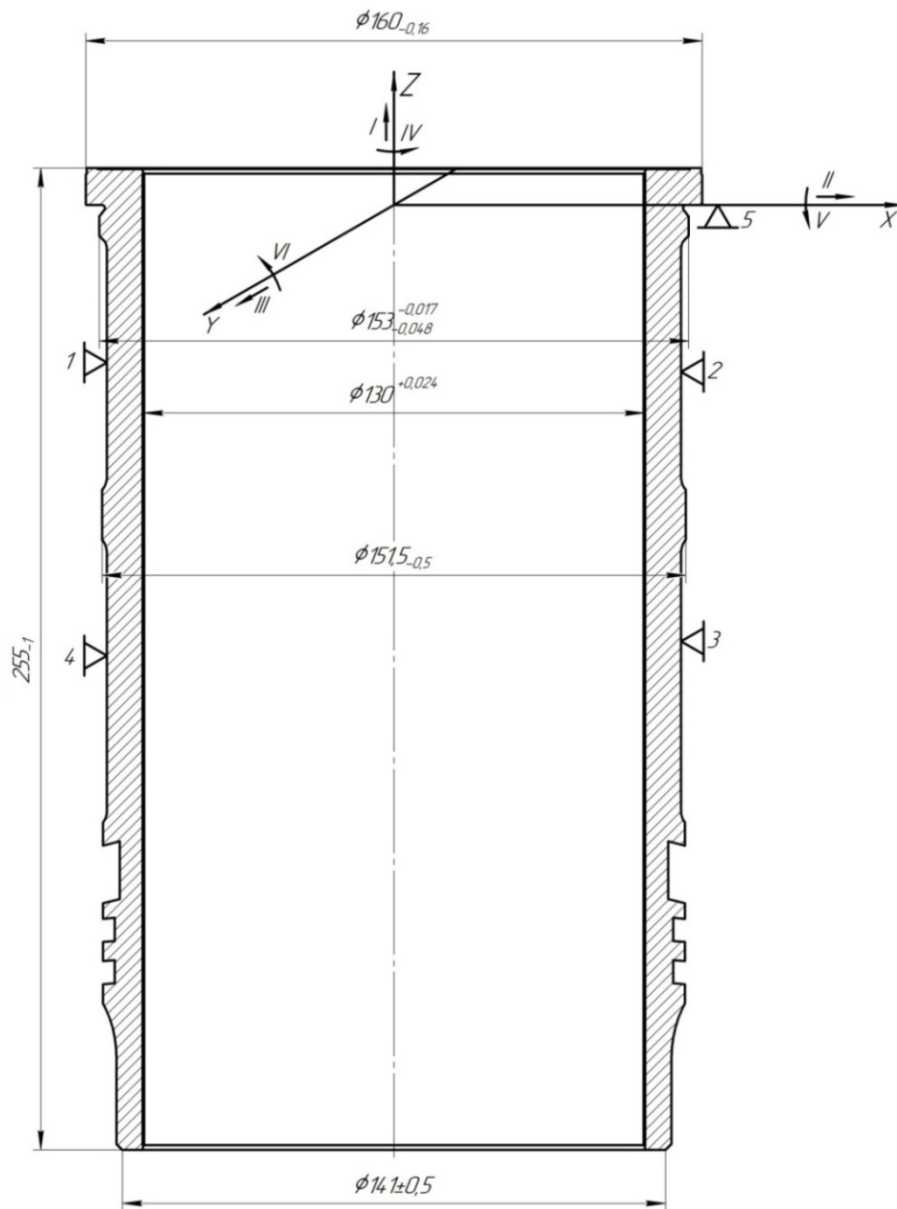


Рисунок 2.4 – Схема базування заготовки за другим способом

Таблиця 2.5 – Матриця зв'язків

X,Y,Z / $l \alpha$	X	Y	Z	Найменування баз
l	1	1	0	ПНБ
α	1	1	0	
l	0	0	1	НБ
α	0	0	0	
l	0	0	0	
α	0	0	0	
Разом	2	2	1	

Розглянувши дві схеми базування ми можемо зробити висновок, що кожна з них задовольняє умови обробки та забезпечує безперешкодний підхід інструменту. Але так як наша заготовка являється тонкостінною то обираємо першу схему закріплення, тому що вона не тисне на стінки так як друга. Якщо реалізувати другу схему закріплення то ми можемо отримати похибку форми після обробки, через те що виконується тиск на стінки заготовки.

2.3 Складання технологічного маршрута

При проектуванні технологічного процесу механічної обробки слід звернути увагу на службове призначення всіх поверхонь деталі, технологічні вимоги до деталі і умови експлуатації. Необхідно враховувати принцип поетапності, спочатку виконати всі чорнові операції, потім напівчистові, чистові, оздоблювальні, забезпечити в умовах економічно досяжної точності, одержати потрібні параметри якості та точності.

Базовий технологічний процес передбачає дотримання принципу поетапності, для деяких поверхонь іде перестраховка щодо кількості етапів.

Деталь має розвинені поверхні, що дозволяє забезпечити принцип єдності баз.

Проаналізувавши запропонований маршрут обробки, можна зробити висновок, що скоротилася кількість механічних операцій. В таблиці 2.6 наведено запропонований маршрут обробки.

Таблиця 2.6 – Запропонований маршрут обробки деталі

№ операції	Найменування операції	Зміст операції	Базування	Обладнання
1	2	3	4	5
005	Лиття металів та сплавів	Виготовлення відливка		Ливарна машина

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5
010	Термічна обробка	Графітизуючий відпал		Термічна машина
015	Токарна з ЧПК	Підрізати торці та розточити фаски	Внутрішня поверхня гільзи з упором в торець	16K20Ф3
020	Вертикально-розточувальна	Чорнове розточування внутрішньої поверхні	Зовнішня поверхня з упором у верхній торець	2431СФ10
025	Технічний контроль	Контроль отриманих розмірів		Стіл ВТК
030	Токарна з ЧПК	Напівчистова обробка зовнішніх поверхонь	Внутрішня поверхня гільзи з упором в торець	Compass200
035	Технічний контроль	Контроль отриманих розмірів		Стіл ВТК
040	Горизонтально-розточувальна	Напівчистова обробка отвору	Зовнішня поверхня гільзи з упором в торець	2A620
045	Технічний контроль	Контроль отриманих розмірів		Стіл ВТК

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5
050	Токарна з ЧПК	Напівчистова обробка верхнього поясу	Внутрішня поверхня гільзи з упором в торець	16K20Ф3
055	Токарна з ЧПК	Напівчистова обробка нижнього поясу та канавок	Внутрішня поверхня гільзи з упором в торець	16K20Ф3
060	Токарна з ЧПК	Чистова обробка верхнього поясу	Внутрішня поверхня гільзи з упором в торець	16K20Ф3
065	Токарна з ЧПК	Чистова обробка нижнього поясу та канавок	Внутрішня поверхня гільзи з упором в торець	16K20Ф3
070	Хонінгувальна	Чистова обробка отвору	Зовнішня поверхня гільзи з упором в торець	3Н84
075	Промивальна	Промити гільзу		Мийна машина
080	Контрольна	Контроль розмірів, точності форми, розташування поверхонь, твердості		Стіл ВТК

2.4 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

Обираємо для токарної операції 030 токарні верстат з ЧПК Compass 200 та Turnado 280.

Для того щоб вибрати верстат порівняємо їх по характеристикам, і визначимо який верстат підходе.

Більш детальна характеристика верстатів наведена в таблиці 2.7

Таблиця 2.7 – Технічна характеристика токарних верстатів

Параметри	Значення параметрів	
	Turnado 280	Compass 200
Відстань між центрами, мм	1428	1000
Максимальний діаметр точіння: над станиною/над супортом, мм	560/335	400/225
Ширина станини, мм	290	330
Число обертів на шпінделі, 1/хв	25-2000	22-1800
Поздовжня подача, мм/об	0,031-1,7	0,072-4,038
Поперечна подача, мм/об	0,014-0,784	0,036-2,019
Максимальний хід поперечних салазок, мм	-	330
Максимальний хід верхніх салазок, мм	130	130
Потужність/напряга двигуна кВт/В	7,5/400	5,5/400
Габарити(ДхШхВ), мм	2840x1150x1460	2400x1130x1380
Маса, кг	2370	2000

Виходячи з технічних характеристик, обираємо для токарної операції 030 токарний верстат з ЧПК Compass 200 , який повністю забезпечує всі умови обробки

Обираємо для токарної операції 065 токарні верстат з ЧПК 16К20Ф3 та Compass 200.

Для того щоб вибрати верстат порівняємо їх по характеристикам, і визначимо який верстат підходе.

Більш детальна характеристика верстатів наведена в таблиці 2.8

Таблиця 2.8 – Технічна характеристика токарних верстатів

Параметри	Значення параметрів	
	16К20Ф3	Compass 200
Відстань між центрами, мм	710	1000
Максимальний діаметр точіння: над станиною/над супортом, мм	400/220	400/225
Число обертів на шпінделі, 1/хв	12,5-1600	22-1800
Поздовжня подача, мм/об	0,05-2,8	0,072-4,038
Поперечна подача, мм/об	0,025-1,4	0,036-2,019
Потужність/напряга двигуна кВт/В	8,5/380	5,5/400
Габарити(ДхШхВ), мм	2505x1190x1500	2400x1130x1380
Маса, кг	2835	2000

Виходячи з технічних характеристик, обираємо для токарної операції 065 токарний верстат з ЧПК Compass 200 , який повністю забезпечує всі умови обробки

Для хонінгування внутрішньої поверхні деталі, було розглянуто два верстати ЗН84 та ЗК833М. Так як діаметр деталі, що обробляється на цій операції досить великий, то обираємо верстат який може обробити її і має достатню потужність двигуна. Виходячи с цього обираємо верстат моделі ЗН84. Також слід враховувати і інші переваги цього верстата.

Характеристика верстатів наведена в таблиці 2.9

Таблиця 2.9 – Детальна характеристика верстатів для хонінгувальної операції

Характеристика	Моделі верстатів	
	3Н84	3К833М
Діаметр хонінгування, мм		
найбільший	200	125
найменший	50	30
Найбільша довжина обробки, мм	1050	400
Хід шпінделя, мм	1250	500
Число швидкостей шпінделя	8	3
Розмір робочої поверхні стола, мм	800x800	500x100
Найбільший крутний момент на шпінделі, кг*см	9070	1950
Найбільше осьове зусилля, кг	250	450
Потужність, кВт	7,5	4
Маса, кг	7500	1520

2.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

Верстатні пристрої складають приблизно 50% від загального об'єму технологічної оснастки. Застосування верстатних пристроїв дозволяє:

- підвищити продуктивність праці та полегшити її умови у результаті механізації пристрою;
- надійно закріплювати деталь у процесі її обробки, та зберегти жорсткість;
- розширити технологічні можливості обладнання, що використовується;
- забезпечувати високу якість оброблюваних деталей при мінімальній залежності якості від кваліфікації робітника.

Таблиця 2.10 – Ріжучий та вимірювальний інструмент, що використовується при обробці на операції 030

Номер та зміст переходу	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент	Вимірювальний інструмент
Точити поверхню D162	Різець PCLNRK12	—	Штангенциркуль ШЦ-III-300-0,1 ГОСТ 166-89
Точити поверхню 12x20°			
Точити поверхню D147			
Точити поверхню 39x6°			

Таблиця 2.11 – Ріжучий та вимірювальний інструмент, що використовується при обробці на операції 030

Номер та зміст переходу	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент	Вимірювальний інструмент
Точіння канавок	Різець CFSL1616M03R145140	—	Штангенциркуль ШЦ 300-I-0,1 ГОСТ 166-89; Зразки шорсткості ГОСТ 9378-75

Таблиця 2.12 – Ріжучий та вимірювальний інструмент, що використовується при обробці на операції 070

Номер та зміст переходу	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент	Вимірювальний інструмент
Хонінгування D130	Хон Ø130 (спеціальний) – підлягає проектуванню бруска	—	Нутромір індикаторний (для Ø 130) ГОСТ 868-82

2.5 Розрахунок припусків на механічну обробку.

Розрахунок припусків і допусків наведені за методикою [2].

Виконаємо розрахунок припусків на операцію 070, внутрішньої циліндричної поверхні діаметром 130Н6(+0,025;0), на трьох переходах:

1. Чорнове розточування.
2. Чистове розточування.
3. Хонінгування.

Для того щоб розрахувати припуски на операції, наведемо вихідні данні для кожного технологічного переходу. Формула для знаходження припуску на внутрішню циліндричну поверхню має такий вигляд:

$$2Z_{min} = 2 \times \left(Rz_{i-1} + H_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \quad (2.5)$$

де Rz_{i-1} – величина мікронерівностей поверхні отриманої на попередньому переході; [2]

H_{i-1} – глибина дефектного шару поверхні отриманої на попередній операції (переході); [2]

ρ_{i-1} – величина просторового відхилення форми поверхні отриманому на попередній операції (переході);

ε_i – похибка встановлення заготовки.

Всі ці показники є табличними значеннями, окрім ρ_{i-1} , яке розраховується за формулою:

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2} \quad (2.6)$$

де $\rho_{зм}$ – похибка заготовки пов'язана зі зміщенням осі.

$$\rho_{зм} = \delta \quad (2.7)$$

де δ – допуск на поверхню, $\delta=2,2$ мм.

$\rho_{кор}$ – похибка короблення заготовки;

$$\rho_{кор} = \Delta_k \times l \quad (2.8)$$

де Δ_k – питома кривизна заготовки, $\Delta_k = 1$;

l – довжина заготовки, $l=260$ мм.

$$\rho_{\text{кор}} = 1 \times 260 = 260 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{2200^2 + 260^2} = 2215 \text{ мкм.}$$

$$\rho = \rho_{\text{заг}} \times k_y \quad (2.9)$$

де k_y – коефіцієнт уточнення форми:

– чорнове розточування $k_y = 0,06$;

– чистове розточування $k_y = 0,04$.

Знайдемо ρ для кожного з переходів:

$$\rho_{\text{чорн.роз.}} = 2215 \times 0,06 = 133 \text{ мкм;}$$

$$\rho_{\text{чист.роз.}} = 2215 \times 0,04 = 88 \text{ мкм;}$$

Всі вихідні данні для розрахунків припусків на ЕОМ наведені в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Вихідні данні для розрахунку припусків на розмір діаметром 130Н6(+0,025;0) мм.

Найменування переходу	Квалітет точності	Допуск , мкм	Елементи припуску, мкм			
			Rz _{i-1}	H _{i-1}	ρ _{i-1}	ε _i
Лиття металів	7Т-7-8-7	+0,8 -0,8	30	170	2215	—
Чорнове розточування	H12	+400 0	50	50	133	113
Чистове розточування	H8	+0,063 0	20	25	88	80
Хонінгування	H6	+0,025 0	5	10	—	10

Дані розрахунку припусків на ЕОМ для внутрішньої поверхні діаметром 130Н6(+0,025;0) мм, наведені в додатку Б.

Відповідно даним, що наведені в додатку Б, побудовано схему розташування припусків та допусків, яка приведена на рисунку 2.5

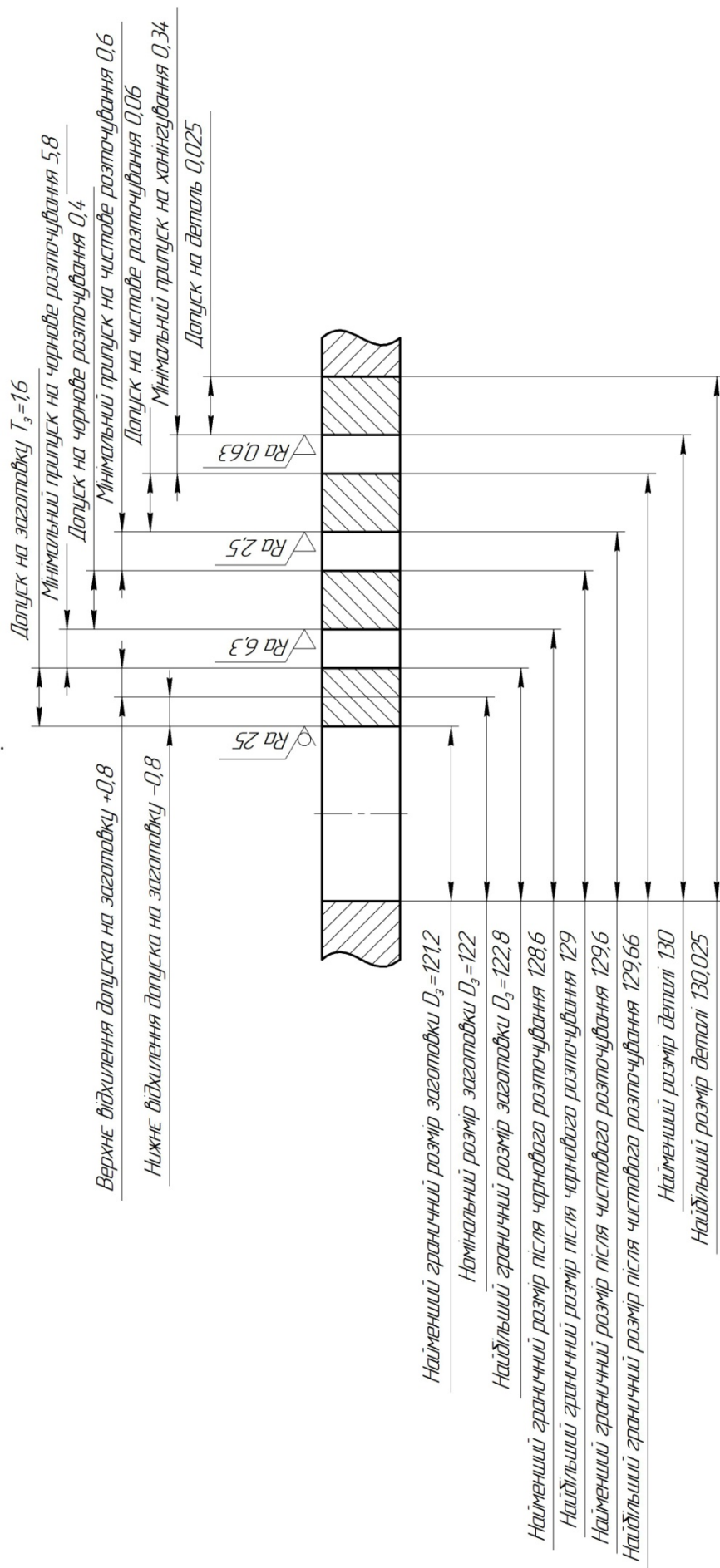


Рисунок 2.5 – Схема розташування припусків та допусків на розмір

2.5 Розрахунок режимів різання.

Розрахунок режиму різання на операцію 030 «Токарна з ЧПК»

Розрахунки наведені у цьому пункті виконані за загальноприйнятою методикою [4].

Розрахунок режиму різання для точіння циліндричної поверхні діаметром 162 визначаємо розрахунково-аналітичним методом.

Вихідні данні (для матеріалу марки СЧ25) $\sigma_B=250\text{МПа}$. Заготовка лиття. Діаметр заготовки $D=166\text{мм}$. Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК Compass 200. Обробка виконується прохідним різцем, з механічним кріпленням, правим, спосіб кріплення пластини – штифтом з конічною головкою. Позначення різця PCLNR2020K12 , матеріал TP2001, пластина CCMW09T3SL1B. Оброблюваний матеріал СЧ25 з твердістю HB 156-260МПа.

Геометричні параметри різальної частини:

Радіус вершини $0,8\text{мм}$;

Кут в плані $\phi = 45$;

Задній кут $\alpha = 7$;

Передній кут $\gamma = 33$;

Кут нахилу ріжучої кромки $l = 5$.

Період стійкості $T=50\text{хв}$.

Визначаємо режим різання. Визначимо максимальну глибину різання.

Глибина різання t , мм, визначається за формулою:

$$t = \frac{D_{\text{заг}} - D_{\text{обр}}}{2} = \frac{166 - 1}{2} = 2 \text{ (мм)} \quad (2.10)$$

де $D_{\text{заг}}$ – діаметр заготовки до обробки, мм;

$D_{\text{обр}}$ – діаметр заготовки після обробки, мм.

Так як припуск не великий обробку будемо проводити за 1 проходів.

Призначаємо глибину різання $t = 2 \text{ мм}$.

Подача вибирається за [8] для оброблюваного матеріалу СЧ25 та глибини різання $t = 2$ мм. подача буде $S = 1,0$ мм/об.

Швидкість різання v , м / хв, визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v \quad (2.11)$$

де $C_v=243$ – коефіцієнт, таблична величина; [8]

$m=0,2$; $x=0,15$; $y= 0,45$ – показники ступенів, табличні величини; [8]

$T = 40$ період стійкості, хв; [8]

K_v – поправочний коефіцієнт.

Коефіцієнт K_v визначається за формулою:

$$K_v = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{iv} = 0,9 \times 0,8 \times 0,83 = 0,59 \quad (2.12)$$

де K_v – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки;

$K_{nv}=0,8$ коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні; [8]

$K_{mv}=0,9$ коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу інструменту; [8]

$K_{iv}=0,83$ коефіцієнт, що враховує вплив геометрії різця. [8]

Значення коефіцієнта K_{mv} визначається за формулою:

$$V = \frac{243}{40^{0,2} \times 2^{0,15} \times 1^{0,45}} \times 0,59 = 62 \frac{\text{м}}{\text{хв}} \quad (2.13)$$

Частота обертання шпинделя n , об/хв., визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \times v}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 62}{3,14 \times 162} = \frac{12206}{\text{хв}} \quad (2.14)$$

де D – діаметр заготовки, що формується при обробці.

Корегуємо частоту обертання шпинделя по верстату.

Приймаємо, $n = 140$ об / хв. Визначаємо скореговану швидкість різання:

$$V = \frac{n \times \pi \times D}{1000} = \frac{140 \times 3,14 \times 164}{1000} = 72 \frac{\text{м}}{\text{хв}} \quad (2.15)$$

Визначаємо хвилинну подачу за формулою:

$$S_M = S_o \times n = 1 \times 122 = 122 \frac{\text{мм}}{\text{хв}} \quad (2.16)$$

Виконаємо перевірку достатності потужності верстата. Потужність, потрібна для різання визначається за формулою:

$$N_B = \frac{P_z \times U}{6120} \quad (2.17)$$

де P_z - тангенціальна складова сили різання.

$$P_z = C_{pz} \times t \times S^{0,75} \times U^{-0,5} \quad (2.18)$$

де $C_{pz}=92$ - коефіцієнт, що залежить від кута в плані.

$$P_z = 92 \times 2 \times 1^{0,75} \times 72^{0,5} = 1,6 \text{ кВт}$$

$$N_e = \frac{1.6 \times 72}{6120} = 0,01 \text{ кВт}$$

Отже, при такому режимі різання обробка на обраному верстаті можлива. На рисунку 2.6 зображено операційний ескіз.

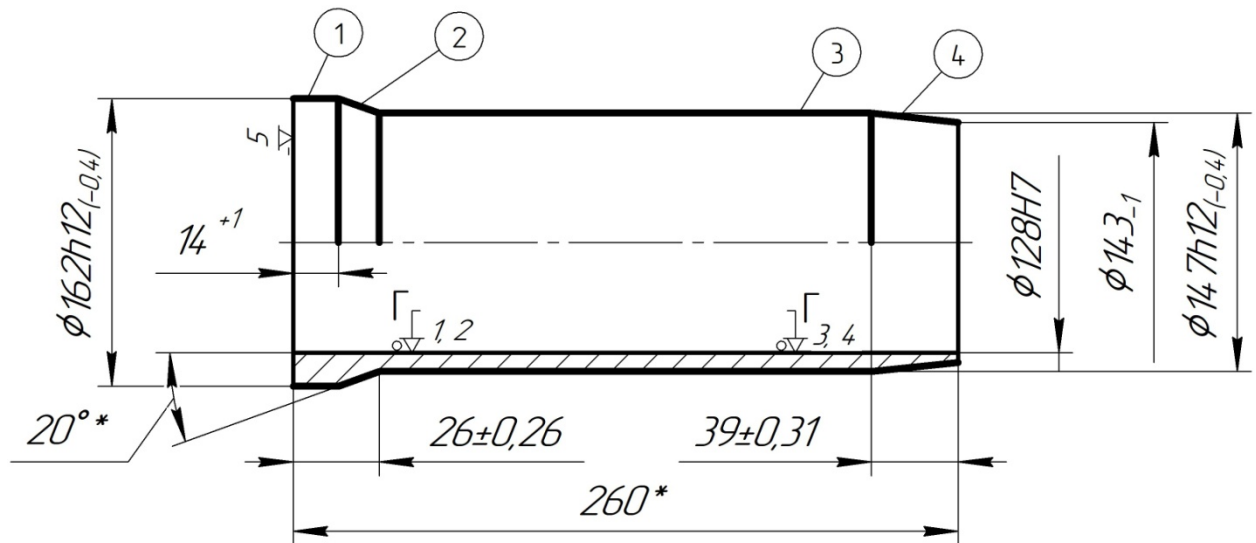


Рисунок 2.6 – Операційний ескіз операції 030

На решту технологічних переходів операції, обираємо режими різання табличним способом користуючись літературою.[8]

Розглянемо обробку поверхонь $\varnothing 143$, $\varnothing 147$ та розмірів L26, L14 та L39. На ці переходи даної операції здійснюємо вибір режимів різання табличним методом.(дивись таблицю 2.12)

Таблиця 2.14 – Режими різання на токарну операцію отримані табличним способом

Поверхня	Параметри режимів обробки						
	i	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	L, мм	T ₀ , хв
1	2	3	4	5	6	7	8

Продовження таблиці 2.14

1	2	3	4	5	6	7	8
2	1	2	1,3	56	110	14	0,11
3	1	2	1,5	68	147	195	0,89
4	1	2	1,3	68	151	39	0,21

Розрахунок режиму різання на операцію 065 «Токарна з ЧПК»

На операції проводиться обробка канаовк. Оброблюваний матеріал СЧ25 з твердістю НВ 156-260МПа.

Призначаємо режими різання.

Глибина різання:

$$t = \frac{D_{\text{заг}} - D_{\text{обр}}}{2} = \frac{151 - 144}{2} = 3,5(\text{мм}) \quad (2.19)$$

де $D_{\text{заг}}$ – діаметр заготовки до обробки, мм;

$D_{\text{обр}}$ – діаметр заготовки після обробки, мм.

Обробку будемо проводити за два проходи. Призначаємо глибину різання $t = 1,5$ мм.

Подача вибирається за [8] для оброблюваного матеріалу СЧ25 та глибини різання $t = 1,5$ мм. подача буде $S = 1,0$ мм/об.

Швидкість різання v , м / хв, визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v \quad (2.20)$$

де $C_v=243$ – коефіцієнт, таблична величина; [8]

$m=0,2$; $x=0,15$; $y= 0,45$ – показники ступенів, табличні величини; [8]

$T = 40$ період стійкості, хв; [8]

K_v – поправочний коефіцієнт.

Коефіцієнт K_v визначається за формулою:

$$K_v = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{iv} = 0,9 \times 0,8 \times 0,83 = 0,59 \quad (2.21)$$

Частота обертання шпинделя n , об/хв., визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \times v}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 62}{3,14 \times 144} = 135 \frac{\text{об}}{\text{хв}} \quad (2.22)$$

де D – діаметр заготовки, що формується при обробці.

Корегуємо частоту обертання шпинделя по верстату.

Приймаємо, $n = 140$ об / хв. Визначаємо скореговану швидкість різання:

$$V = \frac{n \times \pi \times D}{1000} = \frac{140 \times 3.14 \times 144}{1000} = 64 \frac{\text{М}}{\text{ХВ}} \quad (2.23)$$

Визначаємо хвилинну подачу за формулою:

$$S_M = S_o \times n = 1 \times 144 = 144 \frac{\text{ММ}}{\text{ХВ}} \quad (2.24)$$

Виконаємо перевірку достатності потужності верстата. Потужність, потрібна для різання визначається за формулою:

$$N_B = \frac{P_z \times U}{6120} \quad (2.25)$$

де P_z - тангенціальна складова сили різання.

$$P_z = C_{p_z} \times t \times S^{0,75} \times U^{-0,5} \quad (2.26)$$

де $C_{p_z}=92$ - коефіцієнт, що залежить від кута в плані.

$$P_z = 92 \times 2 \times 1^{0,75} \times 72^{0,5} = 1,6 \text{кВт}$$

$$N_e = \frac{1.6 \times 72}{6120} = 0,01 \text{кВт}$$

Отже, при такому режимі різання обробка на обраному верстаті можлива.

Розрахунок режиму різання на операцію 070 «Хонінгувальна»

Беремо характеристику брусків. За рекомендаціями [10] приймаємо алмазний брусок АСВ на металевій зв'язці типу МС1 за ГОСТ 16606-71. Брусок закріплюється на колодках хону, пайкою припоєм ПОС-30.

Сумарна ширина B алмазних брусків:

$$B = (0,15 - 0,35) \cdot C_0 = (0,15 - 0,35) \cdot 408,2 = 61,23 - 142,87 \text{ мм}, \quad (2.27)$$

де $C_0 = 408,2$ мм – довжина окружності обробленого отвору гільзи (діаметр $D_0 = 130$ мм).

Довжина бруска L_6 обирається в залежності від довжини L_0 обробленого отвору. При $3 \geq L_0/D_0 = 255/130 = 1,96 > 1,5$ довжина бруска $L_6 = (0,5 - 0,75)L_0 = (0,5 - 0,75) \cdot 255 = (127,5 - 191,25)$ мм.

Зернистість бруска 40/28 для досягнення шорсткості $R_a=0,4$ мкм.

Приймаємо алмазний брусок з розмірами: $B=12$ мм; $H=6$ мм; $L_6=150$ мм; $S = 3$ мм; $r = 25$ мм, маса алмазів (в каратах) при концентрації 100% складає 23,8 карат [11] (див. рис. 2.7).

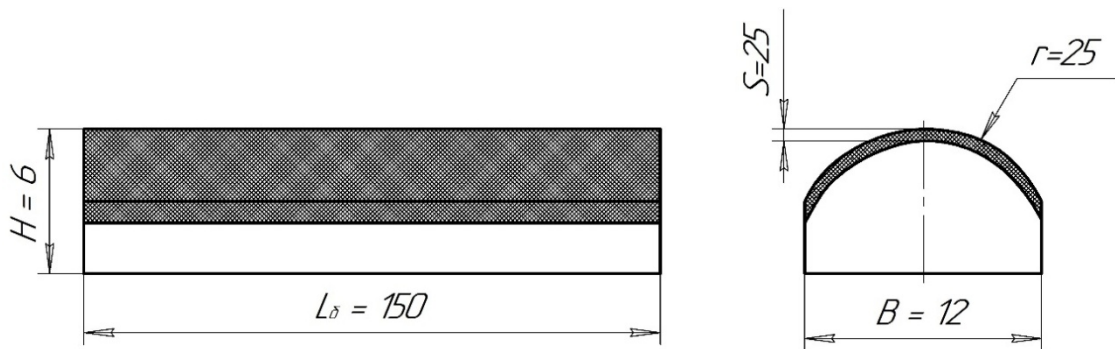


Рисунок 2.7 – Конструкція алмазного бруска

Позначення бруска: 2768-0136-I-ACB 40/28-100-MS1 ГОСТ 16066-71.

Приблизна вартість одного бруска визначається за формулою [12]:

$$C_6 = \beta \cdot E_1 \cdot Q_a = 1,5 \cdot 0,12 \cdot 23,8 = 4,3 \text{ грн} \quad (2.28)$$

де $\beta = 1,4 - 1,5$ – коефіцієнт, що враховує вартість алмазів в бруську;

$E_1 = 0,12$ грн – ціна одного карата алмаза;

$Q_a = 23,8$ карат – маса алмазов, закладена в робочому шарі бруска.

Для обробки отвору в хоні є комплект із восьми брусків, тоді вартість комплекту брусків:

$$C_0 = C_6 \cdot 8 = 4,3 \cdot 8 = 34,4 \text{ грн.}$$

Ці данні необхідні для економічних розрахунків операції хонінгування.

Визначаємо режим алмазного хонінгування [10].

$$V_0 = 40 - 80 \text{ м/хв}; V_{в-п} = 8 - 18 \text{ м/хв};$$

$$P_0 = 4 - 6 \text{ кгс/см}^2; S_0 = 0,6 - 0,8 \text{ мкм/под. хід.}$$

Приймаємо: $V_0 = 80$ м/хв; $V_{в-п} = 18$ м/хв;

$$P_0 = 6 \text{ кгс/см}^2; S_0 = 0,6 \text{ мкм/под. хід.}$$

Припуск на діаметр складає (0,05-0,08) мм [11], час обробки 0,8 - 1,5 хв; досяжна точність форми – (10–15) мкм; орієнтовна стійкість брусків 8000 – 20000 деталей; середня ідеальна витрата алмаза – 0,08 мг/г знятого металу; досяжна шорсткість поверхні – $R_a = 0,2 - 0,4$ мкм [11, т.45,с.106-107].

Визначаємо число обертів шпинделя n_1 , об/хв:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot V_0}{\pi \cdot D_0} = \frac{1000 \cdot 80}{3,14 \cdot 130} = 196 \frac{\text{об}}{\text{хв}}, \quad (2.29)$$

де $D_0 = 130$ мм – діаметр отвору що оброблюється.

Приймаємо за паспортом станка $n_{1п} = 160$ об/хв.

$$V_{\text{оф}} = \frac{\pi \cdot D_0 \cdot n_{1п}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 130 \cdot 160}{1000} = 65,3 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо число подвійних ходів n_2 (под. хід) шпиндельної головки станка:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot V_{\text{в-п}}}{2 \cdot L} = \frac{1000 \cdot 18}{2 \cdot 180} = 50 \text{ под. хід.}, \quad (2.30)$$

де $L = l_o + l_{\text{пер.верх.}} + l_{\text{пер.нижн.}} - l_{\sigma} = 255 + 37,5 + 37,5 - 150 = 180$ мм – хід шпиндельної головки верстата;

$l_{\text{пер.верх.}} = (0,25 - 0,5)l_{\sigma} = 0,25 \cdot 150 = 37,5$ мм – верхній перебіг бруска;

$l_{\text{пер.нижн.}} = (0,25 - 0,5)l_{\sigma} = 0,25 \cdot 150 = 37,5$ мм – нижній перебіг бруска.

Визначаємо відношення:

$$\lambda = \frac{V_{\text{оф}}}{V_{\text{в-п}}} = \frac{65,3}{18} = 3,7 \quad (2.31)$$

За рекомендаціями [11], при хонінгуванні отворів із чавуна $[\lambda] = 2 - 6$, а розраховане значення λ входить в рекомендований діапазон.

Визначаємо складові сили різання P_x, P_y, P_z , які необхідні для розрахунку хона и пристрою для закріплення заготовки [10];

$$P_x = f_x \cdot F \cdot p_0 \cdot t = 0,31 \cdot 18 \cdot 6 \cdot 8 = 267,84 \text{ кгс} \cdot 9,81 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = 2628 \text{ Н};$$

$$P_y = f_y \cdot F \cdot p_0 \cdot t = 0,18 \cdot 18 \cdot 6 \cdot 8 = 155,52 \text{ кгс} \cdot 9,81 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = 1526 \text{ Н};$$

$$P_z = f_x \cdot F \cdot p_0 \cdot m = 0,23 \cdot 18 \cdot 6 \cdot 8 = 198,72 \text{ кгс} \cdot 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 1950 \text{ Н};$$

де $f_x = 0,31; f_Y = 0,18; f_z = 0,23$ – коефіцієнти тертя [10];

$F = L_B \cdot H = 150 \cdot 12 = 1800 \text{ мм}^2 = 18 \text{ см}^2$ – площа одного бруска;

$m = 8$ – кількість брусків в хоні.

Визначаємо потужність на приводі шпинделя N_x і потужність на приводі зворотно-поступального руху шпиндельної головки верстата N_z :

$$N_x = \frac{P_x \cdot V_{\text{оф}} \cdot \eta_1}{102 \cdot 60} = \frac{268 \cdot 65,3 \cdot 0,9}{102 \cdot 60} = 2,6 \text{ кВт}; \quad (2.32)$$

$$N_z = \frac{P_z \cdot V_{\text{в-п}} \cdot \eta_2}{102 \cdot 60} = \frac{199 \cdot 18 \cdot 0,85}{102 \cdot 60} = 0,5 \text{ кВт}, \quad (2.33)$$

де $\eta_1 = 0,9; \eta_2 = 0,85$ – к.к.д. відповідно приводів шпинделя та шпиндельної головки.

Так як $N_x = 2,6 \text{ кВт} < N_{\text{см}} = 7,5 \text{ кВт}, N_z = 0,5 \text{ кВт} < N_{\text{см}} = 7,5 \text{ кВт}$, то обробка можлива, де $N_{\text{см}} = 7,5 \text{ кВт}$ – потужність привода верстата.

Визначаємо основний час T_0 при хонінгуванні [11]:

$$T_0 = 100 \cdot \Delta h \cdot t = 100 \cdot 0,08 \cdot 10 = 80 \text{ с} = 1,34 \text{ хв}, \quad (2.34)$$

де $\Delta h = 0,08 \text{ мм}$ – припуск на хонінгування [11];

$t = 10 \text{ с}$ – середнє значення часу, за яке знімається $0,01 \text{ мм}$ (визначається експериментальним шляхом) [11].

2.6 Технічне нормування операцій.

Розрахунки, що виконуються в даному розділі виконані за загальноприйнятою методикою [2].

Нормування токарної операції 030 з ЧПК .

Технічне нормування праці – це сукупність методів та прийомів по виявленню резервів робочого часу та встановленню необхідної мірки праці.

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу:

$$T_{\text{ш-к}} = \frac{T_{\text{п-з}}}{N_{\text{п}}} + T_{\text{шт}} = \frac{5}{624} + 7,6 = 7,7 \text{ хв} \quad (2.35)$$

Норма штучного часу:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_B + T_{\text{об}} + T_{\text{рез}} = 3 + 4 + 0,6 = 7,6 \text{ хв} \quad (2.36)$$

$$T_{\text{оп}} = \frac{L_p \times i}{S_M} = \frac{260 \times 1}{30} = 8,6 \text{ хв} \quad (2.37)$$

$$T_{\text{оп}} \times \eta\% = T_{\text{об}} + T_{\text{рез}} = 8,6 \times 0,07 = 0,6 \quad (2.38)$$

$$T_B = 4 \text{ хв}$$

$$T_o = 3 \text{ хв}$$

$$T_{\text{п-з}} = 5 \text{ хв}$$

Нормування токарної операції 065 з ЧПК .

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу:

$$T_{\text{ш-к}} = \frac{T_{\text{п-з}}}{N_{\text{п}}} + T_{\text{шт}} = \frac{5}{624} + 7,6 = 7,7 \text{ хв} \quad (2.39)$$

Норма штучного часу:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_B + T_{\text{об}} + T_{\text{рез}} = 0,25 + 2 + 0,6 = 2,85 \text{ хв} \quad (2.40)$$

$$T_{\text{оп}} = \frac{L_p \times i}{S_M} = \frac{89 \times 1}{30} = 2,9 \text{ хв} \quad (2.41)$$

$$T_{\text{оп}} \times \eta\% = T_{\text{об}} + T_{\text{рез}} = 2,9 \times 0,07 = 0,2 \quad (2.42)$$

$$T_B = 4 \text{ хв}$$

$$T_o = 3 \text{ хв}$$

$$T_{\text{п-з}} = 5 \text{ хв}$$

Технічне нормування операції 070 «Хонінгувальна».

Норму часу на операцію 070 «Хонінгувальна» , визначається за формулою:

$$T_{\text{ш-к}} = \frac{T_{\text{п-з}}}{N_{\text{п}}} + T_o + T_d + T_{\text{об}} + T_{\text{пер}}, \quad (2.43)$$

де $T_{п-з} = 5$ хв – підготовчо-заключний час для всіх умов установки технологічної оснастки і їх здача після обробки на хонінгувальних верстатах [4];

$N_n = 630$ шт. – партія запуску заготовок у виробництво;

T_0 – основний (машинний) час операції;

T_{∂} – допоміжний час;

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

$T_{пер}$ – час перерви і відпочинку.

$T_0 = 1,34$ хв – основний час при хонінгуванні.

$$T_g = 1,85(T_{yc} + T_{zo} + T_{yn} + T_{из}) = 1,85(0,155 + 0,075 + 0,27) = 0,925 \text{ хв},$$

Де $T_{yc} + T_{zo} = 0,131 + 0,024 = 0,155$ хв – час на установку, закріплення, розкріплення, зняття деталі вручну [4];

$T_{кер} = 0,01 + 0,03 + 0,025 + 0,01 = 0,075$ мин – час на ввімкнення і вимкнення верстата; затискання брусків хонінгувальної головки та їх розтискання; підвести або відвести хонінгувальну головку [4];

$T_{вим} = 0,15 \cdot 6 = 0,9$ мин – час на контрольні виміри індикаторним нутроміром [4];

1,85 – коефіцієнт, що враховує норми допоміжного часу, які наведені для масового виробництва [4].

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = T_0 + T_{в} = 1,34 + 0,925 = 2,265 \text{ хв.}$$

$$T_{об} + T_{пер} = \frac{\alpha\% \cdot T_{оп}}{100\%} = \frac{10 \cdot 2,265}{100} = 0,23 \text{ хв,}$$

де $\alpha = 10\%$ – процент часу на обслуговування робочого місця, відпочинку і природні потреби [4].

$$T_{ш-к} = \frac{5}{630} + 1,34 + 0,925 + 0,23 = 2,5 \text{ хв.}$$

2.7 Проектування верстатного пристрою

2.7.1 Обґрунтування мети операції і задачі для проектування.

На операцію 070 «Хонінгувальна» остаточно оброблюється отвір діаметром $130H6(+0,025;0)$ мм і довжиною $255(0;-1)$ мм. Мета операції забезпечити шорсткість поверхні $R_a = 0,4$ мкм. Уточнимо декотрі особливості цієї операції. Оброблюваний отвір являється «наскрізним», що дозволяє виходити інструменту (хону) на необхідну відстань при обробці. Відношення довжини до діаметра отвору $l/d = 255/130 = 1,97$. На хонінгувальну операцію заготовка надходить з токарної чистової операції і має діаметральний розмір $129,7H7(+0,04;0)$ мм, шорсткість поверхні $R_a = 1,6$ мкм, твердість поверхневого шару заготовки HB 170–241.

Обробка виконується на хонінгувальному верстаті моделі 3Н84, що має жорстку автоматично регульовану радіальну подачу брусків у межах від 0,1 мкм до 3 мкм на кожний подвійний хід шпиндельної бабки із забезпеченням автоматичного налаштування її величини в межах циклу. Верстат має підвищену жорсткість конструкції і високу точність виготовлення. Підведення ЗОР в зону обробки з двох сторін одночасно і в системі є пристрій для тонкої очистки ЗОР від продуктів хонінгування.

Точність розміру отвору $130H6$ і шорсткість поверхні $R_a = 0,4$ мкм забезпечується однократним хонінгуванням. Для отвору $L:d = 1,97$ найбільш доцільною являється схема обробки с жорстким кріпленням оброблюваної деталі і шарнірним закріпленням хонінгувальної головки [12]. Хонінгувальна головка має вісім алмазних брусків, розташованих в її корпусі в один ряд. Розжимний пристрій у вигляді конуса, який забезпечує радіальну подачу брусків, виконано з двома конічними поверхнями с кутом утворюючий конусу у межах від 8° до 15° . Головка має два шарніра, що розташовані на відстані один від одного 250 – 300 мм [12]. Така конструкція забезпечує вільне «плавання» головки навіть при максимальному (2 – 3 мм) зміщенні осі отвору, що обробляється відносно осі шпинделя верстата.

Таким чином, шорсткість поверхні і якість оброблюваної поверхні визначається конструктивними особливостями верстата і хонінгувальної головки, а також технологічними – режимами різання, жорсткістю технологічної системи.

Для вирішення поставленої мети необхідно сформулювати ряд задач:

- розробити конструкцію пристрою, яка реалізувала б задану схему базування і закріплення заготовки;
- забезпечити стабільне закріплення заготовки протягом заданого циклу обробки;
- забезпечити тривалий термін експлуатації пристрою для виконання всієї виробничої програми.

2.7.2 Розробка та обґрунтування схем базування и закріплення заготовки.

Схема базування і закріплення заготовки наведена на рисунку 2.7. Заготовка установлюється торцем діаметрами 141/130Н6 на поверхність пристрою (ВБ) і зовнішнім діаметром $(-0,043;-0,068)$ мм в отвір діаметром 151Н7 $(-0,04;0)$ мм – ПОБ. Досягнуте положення заготовки 1 при базуванні забезпечується притискним пристроєм у вигляді плити 2 та двох гідравлічних циліндрів, що утримують її від обертання і осьових переміщень (див. рис.2.7).

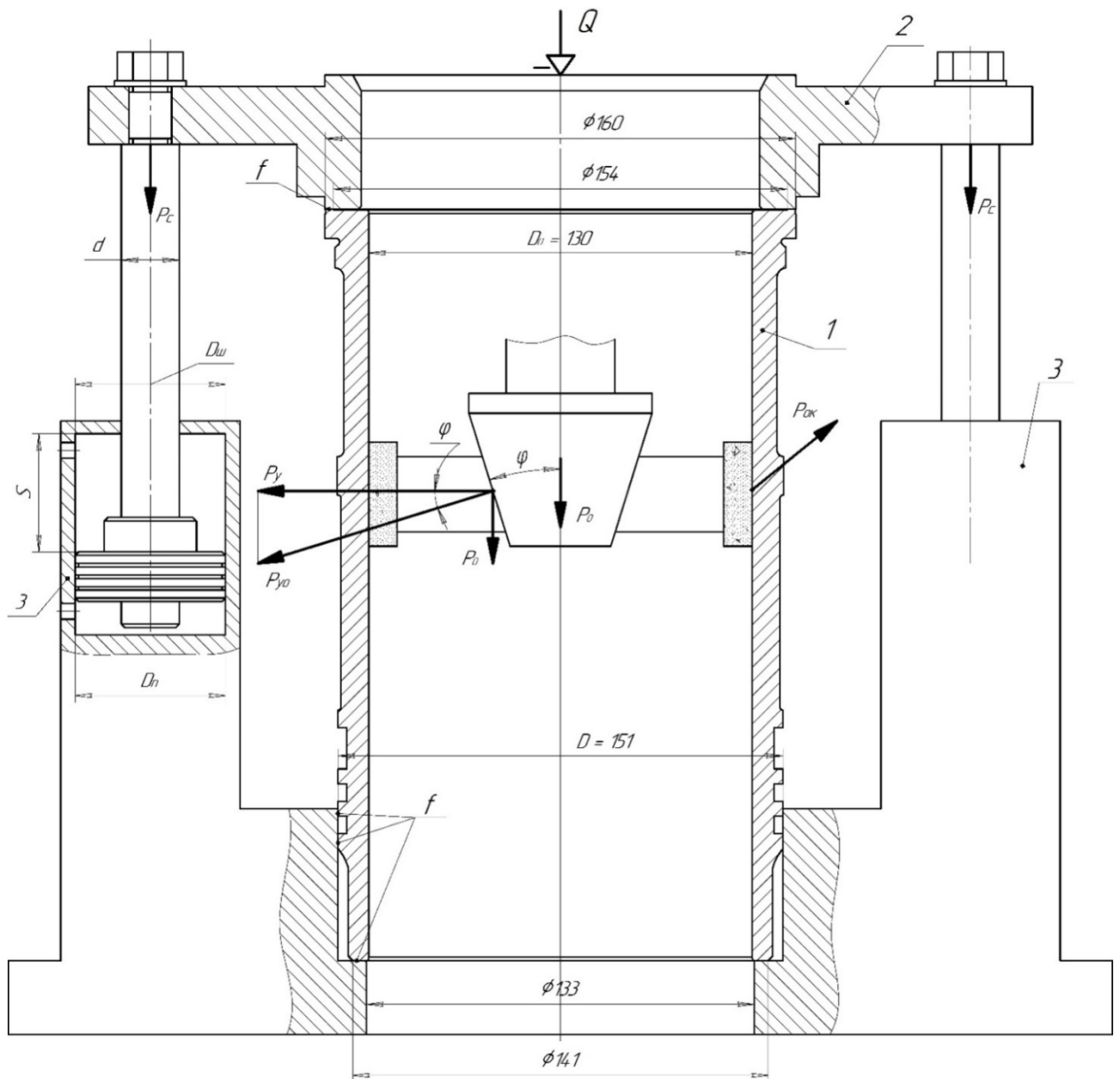


Рисунок 2.8 – Схема закріплення заготовки по торцям і сил, що діють на брусок від системи радіальної подачі по тиску

Розглянемо дію сил різання і закріплення в процесі обробки заготовки. При хонінгуванні із боку бруска на поверхню заготовки діють колова $P_{кол}$ та осьова P_o сили різання, а також радіальна сила P_y , що виникає при радіальній подачі брусків в процесі робочого циклу обробки. Наближено сили P_y та P_o можуть бути розраховані за формулами:

$$P_{кол} = m_{кол} \cdot F_{бр} \cdot p_o = 0,5 \cdot 144 \cdot 6 = 432 \text{ кгс}; \quad (2.44)$$

$$P_o = m_o \cdot F_{бр} \cdot p_o = 0,2 \cdot 144 \cdot 6 = 172,8 \text{ кгс}, \quad (2.45)$$

де $m_{кол} = 0,3 - 0,5$ – коефіцієнт колової сили при (для чавуна $m_{кол} = 0,5$);

$m_0 = 0,12 - 0,2$ – коефіцієнт осьової сили при хонінгуванні (приймаємо $m_0 = 0,2$);

$F_{бр} = 144 \text{ см}^2$ – сумарна площа робочої поверхні брусків;

$p_0 = 6 \text{ кгс/см}^2$ – питомий тиск брусків.

Дія сили P_0 при хонінгуванні йде в запас надійності закріплення заготовки, що обробляється (див. рис. 2.8).

Більш точно сила $P_0(H)$ визначається за формулою [12]:

$$\begin{aligned} P_0 &= p_0 \cdot L_0 \cdot B \cdot m \cdot g \cdot \tan(\varphi + \theta) = \\ &= 6 \cdot 15 \cdot 1,2 \cdot 8 \cdot 9,81 \cdot \tan(12^\circ + 6^\circ) = 2754 \text{ Н}, \end{aligned} \quad (2.46)$$

де $\varphi = 12^\circ$ – кут конуса; $\theta = 6^\circ$ – кут тертя.

Визначимо радіальну силу $P_y(H)$:

$$P_y = P_0 / \tan \varphi = \frac{2754}{\tan 12^\circ} = 12957 \text{ Н}. \quad (2.47)$$

Значення сили P_y при робочому тиску $p_n = 10 \text{ МПа}$, при хонінгуванні із зниженим тиском $P_{yn} = 0,7P_y = 9070 \text{ Н}$; при виході $P_{ys} = 0,25P_y = 3240 \text{ Н}$ використовується в робочому циклі системи радіальної подачі брусків.

Манометричний тиск в гідравлічній системі розтиску брусків (верстат моделі 3Н84) визначається за формулою:

$$P_m = \frac{P_0}{F_y \cdot \eta} = \frac{2754}{12265,6 \cdot 0,8} = 0,28 \text{ МПа}, \quad (2.48)$$

де $F_y = 0,785 \cdot 125^2 = 12265,6 \text{ мм}^2$ – робоча площа гідравлічного циліндра верстата для розтиску брусків.

$\eta = 0,8$ – ККД гідравлічного циліндра.

Для розрахунку затискних елементів пристрою потрібно визначити зусилля Q затиску. Під дією сили Q по торцях заготовки утворюються сили тертя (на рисунку 2.7 показані коефіцієнти тертя f), котрі під час хонінгування утримують її у вихідному положенні. Сила Q визначається за формулою [12].

$$Q = \frac{\beta \cdot P_{\text{кол}} \cdot D_0}{f \cdot (D_0 + D)} = \frac{1,5 \cdot 432 \cdot 130}{0,15 \cdot (130 + 151)} \approx 2000 \text{ кгс}, \quad (2.49)$$

де $\beta = 1,3 - 1,5$ – коефіцієнт надійності затиску;

$f = 0,1 - 0,15$ – коефіцієнт тертя;

$D_0 = 130 \text{ мм}$ – діаметр отвору, що хонінгується;

$D = 151 \text{ мм}$ – зовнішній діаметр заготовки.

Сила котра повинна забезпечуватися одним гідравлічним циліндром визначимо за формулою:

$$P_z = \frac{Q}{2} = \frac{2000}{2} = 1000 \text{ кгс} \cdot 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 9810 \text{ Н}. \quad (2.50)$$

Далі визначимо діаметр поршня гідравлічного циліндра D_n при подачі мастила в поршневу порожнину за формулою [14]

$$D_n = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{P_z}{p_n \cdot \eta}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{9810}{10 \cdot 0,9}} = 37,3 \text{ мм}, \quad (2.51)$$

де $p_n = 10 \text{ МПа}$ – номінальний тиск в гідравлічному циліндрі;

$\eta = 0,9$ – механічний ККД.

Діаметр поршня гідравлічного циліндру $D_{ш}$ при подачі мастила в штокову порожнину визначається за формулою [14]

$$D_{ш} = \sqrt{\frac{1,27 P_z}{p_n \cdot \eta} + d^2} = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 9810}{10 \cdot 0,9} + 20^2} = 42,3 \text{ мм} \quad (2.52),$$

де $d = 20 \text{ мм}$ – діаметр штока (приймається конструктивно).

Приймаємо гідравлічний циліндр двохсторонньої дії при номінальному тиску $p_n = 10 \text{ МПа}$ [14]; $D_{ц} = 50 \text{ мм}$; хід поршня $S = 32 \text{ мм}$; діаметр штока $d = 20 \text{ мм}$.

Визначимо фактичну силу на штоку гідравлічного циліндра – штовхаючу $P^Ш$ и тягову $P^ТН$, за формулою [14]:

$$P^Ш = 0,785 D_{ц}^2 \cdot p_n \cdot \eta = 0,785 \cdot 50^2 \cdot 10 \cdot 0,9 = 17663 \text{ Н}; \quad (2.53)$$

$$P^ТН = 0,785 (D_{ц}^2 - d^2) \cdot p_n \cdot \eta = 0,785 \cdot (50^2 - 20^2) \cdot 10 \cdot 0,9 = 14837 \text{ Н}; \quad (2.54)$$

Порівнявши $P^{\text{III}} = 17663 \text{ Н} > P_2 = 9810 \text{ Н}$ і $P^{\text{TH}} = 14837 \text{ Н} > P_2 = 9810 \text{ Н}$ робимо висновок, що розрахований гідравлічний циліндр забезпечить потрібну схему закріплення заготовки.

На формування вимагаємої шорсткості $R_a = 0,4 \text{ мкм}$ при алмазному хонінгуванні сильно впливає змазочно-охолоджувальна рідина (ЗОР). За рекомендаціями роботи [11] для хонінгування чавуна СЧ25 алмазними брусками АСВ40/28-100-МС1 ГОСТ 16066-71 обираємо низькоконцентровану емульсію у складі якої – емульсол НГЛ-205 (5 – 10%) і вода (90 – 95%). У склад емульсола входить мастильний розчин сульфоната натрію, мастило АС-6,5 і пасивуючі добавки; зовнішній вигляд ЗОР – темно-коричнева масляниста рідина.

2.7.3 Розрахунок точності елементів пристрою.

Для запобігання перекосу при установці і закріпленні гільзи циліндра і виникнення унаслідок цього овальності оброблюваного отвору конструкцією плити 2 передбачено сферична пара. Але такі перекуси повинні бути обмеженими допусками, а саме повинні бути паралельні і перпендикулярні до осі оброблюємого отвору базові торці верхньої плити і нижньої основи встановлювальної бази пристрою.

Розрахунковий параметр T_{np} допускаємого відхилення від перпендикулярності названих поверхонь визначається за формулою[4]

$$T_{np} \leq T_{\delta} - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{3н}^2 + \varepsilon_{пер}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{вст}^2 + \varepsilon_{поз}^2}, \quad (2.55)$$

де $T_{\delta} = 0,6 \cdot T_{\text{Ø160h12}} = 0,6 \cdot 0,4 = 0,24 \text{ мм} = 240$ – допуск на відхилення перпендикулярності осі хонінгуємого отвору відносно базового торця гільзи циліндра;

$$K_T = 1,2; K_{T1} = 0,825; \quad (2.56)$$

$\varepsilon_{\delta} = 0$ – похибка базування заготовки;

$\varepsilon_3 = 0$ – похибка закріплення заготовки;

$\varepsilon_{zn} = 0$ – похибка зносу встановлювальних елементів (рівномірний знос по всій площі дотику);

$\varepsilon_{nep} = 0$ – похибка перекосу інструменту (хон встановлюється по отвору);

$K_{T2} = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує імовірність появи похибки обробки; $\omega = 25$ мкм – середня економічна точність обробки (хонінгування по ІТ6 для діаметра 130);

$$\varepsilon_{вст} = \sqrt{\varepsilon_{\bar{o}}^2 + \varepsilon_{\bar{s}}^2 + \varepsilon_{np}^2} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0,1^2} = 0,1 \text{ мм} - \text{похибка}$$

встановлення пристрою на столі верстата;

$\varepsilon_{noz} = 0$ – похибка позиціювання шпиндельного вузла (шарнірне закріплення хону).

$$T_{np} \leq 240 - 1,2\sqrt{(0,6 \cdot 25)^2 + 100^2} = 240 - 102 = 138 \text{ мкм.}$$

Приймаємо $T_{np} = 0,1$ мм і, враховуючи, що на цьому пристрої можна хонінгувати заготовки підвищеної точності, вносимо це значення в технічні вимоги креслення пристрою для хонінгування.

2.7.4 Опис конструкції та роботи пристрою.

Пристрій складається із корпусу 1, двох вбудованих гідравлічних циліндрів в котрих розташований шток-поршень 3, прикритий кришкою 2. Кінці двох штоков-поршнів 3 з'єднані плитою 4, в котру запресована втулка 7, котра дотикається по сферичній поверхні з кільцем 5. Кільце 5 фіксується тримачем 6. Позаду корпусу 1 встановлена гідравлічна станція із котрої по трубопроводу через штуцери 21 розподіляється потік мастила в порожнину гідравлічних циліндрів.

Заготовка закріплюється кільцем 5 за допомогою двох гідравлічних циліндрів, котрі утримують її від обертання і осьових переміщень. Пристрій простий час встановлення, зняття, закріплення і розкріплення заготовки невелике, а обслуговування і управління пристрою не потребує персоналу високої кваліфікації.

2.8 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

Завдання на проектування

Спроекувати контрольно вимірювальний пристрій для контролю радіального биття зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 147 \pm 0.05$ (IT14) відносно базового отвору $\varnothing 130^{+0,024}$ в деталі «Гільза циліндра 75.11.1002021-11» після чистової обробки заготовки.

Необхідність створення КВП

На даний момент контроль радіального биття зовнішньої поверхні $\varnothing 147$ виконується на робочому місці токаря. Такий метод не можна визнати прийнятним. Так як на поверхні деталі може залишитися стружка, мастило та інший бруд, на робочому місці освітлення являється недостатнім для проведення контролю. Крім того на якість контролю впливають суб'єктивні можливості оператора.

Технологічність вимірювання

Шорсткість даної поверхні за критерієм $Ra=10$ мкм, що не відповідає стандартному ряду про що слід повідомити конструктору. Допуск на розмір $\varnothing 147$ складає 0,5 мм що відповідає $\varnothing 147$ IT14. Допустиме значення радіального биття складає 0,5 мм, що відповідає 12 степені точності за ГОСТ 24643-81.

Категорія контролю

Продукція за своїми показникам повинна відповідати вимогам ГОСТ, ОСТ, ТУ. Категорія технічної підготовки виробництва – 3 Категорія об'єктів технічного контролю – 3.

Перевірка об'єктів контролю з вимогами економічно оптимальної якості та найбільшим економічним ефектом викладені в ГОСТ 15467-79.

Виробництво подібного технологічного класу деталей можна рахувати узгодженим, тому приймаємо нормальний режим контролю.

Конструктивно-технологічні особливості деталі

Деталь «Гільза циліндра» є типовим представником деталей типу втулка, виготовляється з чавуна марки СЧ25. Аналізуючи деталь по застосованому матеріалу необхідно відзначити, що чавун марки СЧ25 має гарну лезвійну оброблюваність при дотриманні технології обробки чавунів. Основним фактором руйнування матеріалу для даного типу деталей є знос від тертяковзання, вібрацій та знакоперемінні циклічні навантаження, високі робочі температури, тому використаний матеріал СЧ25 (з відповідними механічними властивостями, котрі досягаються термічною обробкою та хімічним складом згідно ГОСТ1412-85) є обґрунтованим для даних умов експлуатації.

Обґрунтування схеми контролю

Так як проектується пристрій для контролю радіального биття розміру $\varnothing 147$ відносно поверхні отвору $\varnothing 130$, тому базовою поверхнею буде виступати отвір гільзи. На рисунку 2.9 представлена схема контролю

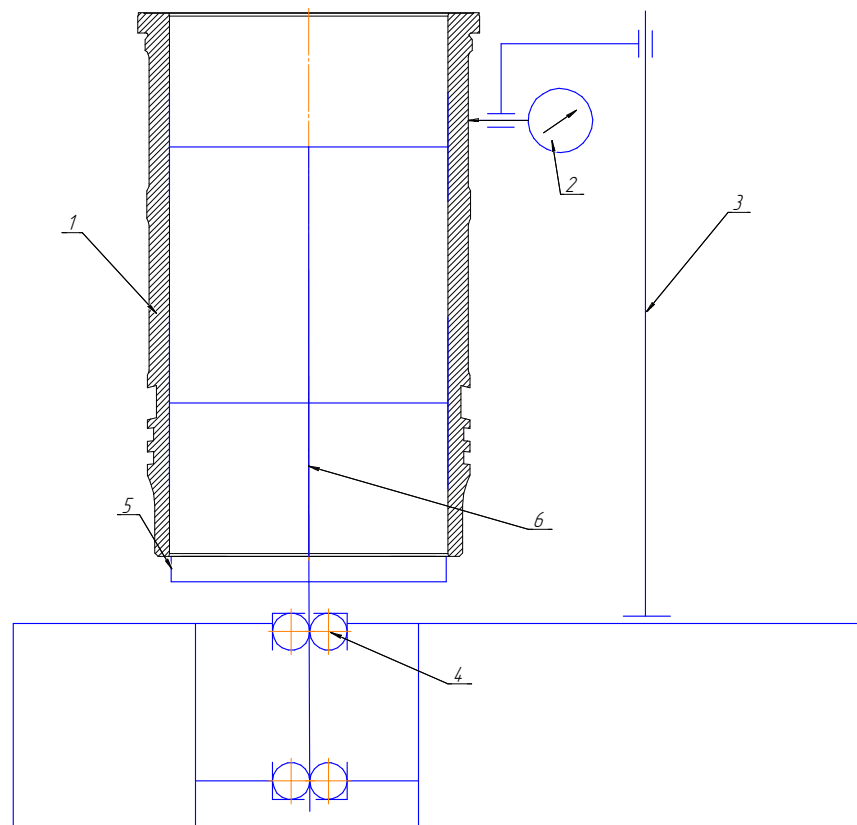


Рисунок 2.9 – Схема контролю деталі

Вибір та обґрунтування схеми базування

Базування відбувається на оправці з упором по торцю напівмуфти.

Дана схема реалізується через установчу та подвійно-опорну бази, в результаті чого деталь буде позбавлена п'яти ступенів вільності, вакантною залишається один зв'язок – обертання навколо власної вісі. Похибка базування для контрольованої поверхні (торцю) буде дорівнювати нулю, $E_6=0$. На рисунку 2.10 зображено схему базування при контролі.

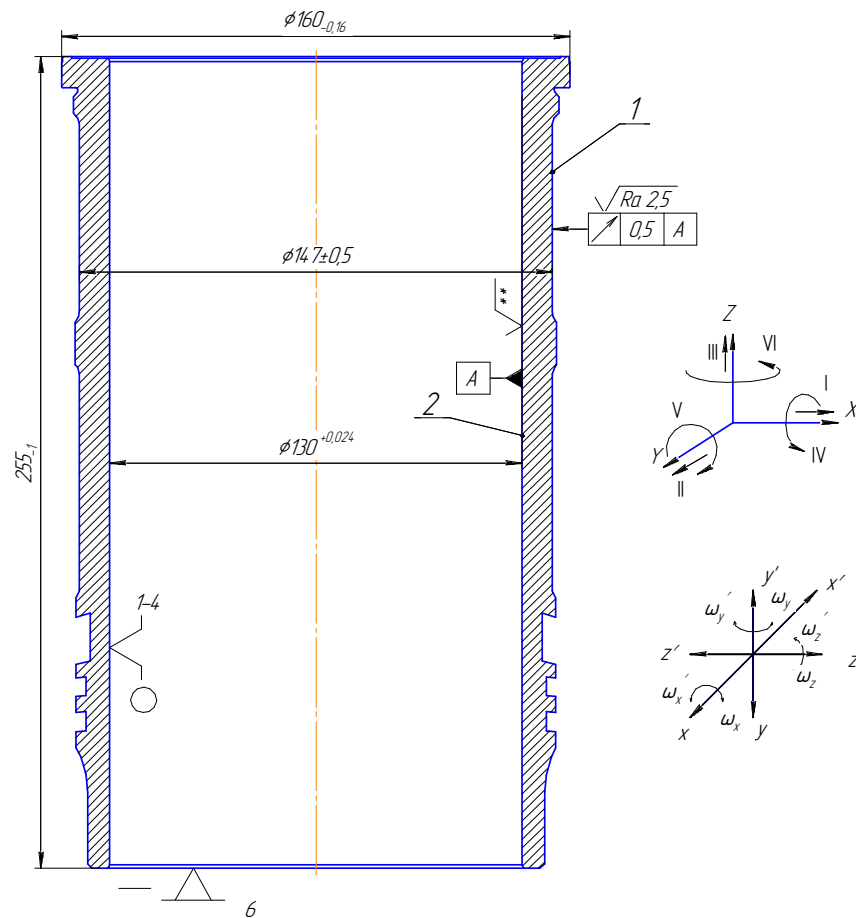


Рисунок 2.10 – Схема базування деталі під час контролю

Вибір та обґрунтування схеми закріплення

Деталь закріплюється та центрується на гідропластовій оправці, тому $E_3=5-10$ мкм.

Визначення умов, в яких буде експлуатуватись КВП

Контроль биття буде проводитись на столі ВТК, безпосередньо на спеціальному пристосуванні.

Потрапляння ЗОР недопустимо, так як контроль відбуватиметься в окремому технологічно призначеному приміщенні. Контроль параметрів буде проводитись з витримкою часу після обробки, тому її температура знаходиться в нормальних границях (кімнатна температура). Робоча температура при контролі $t=20^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$, відносна вологість повітря 80%, атмосферний тиск $P_{\text{ат}}=86\dots 106\text{кПа}$, швидкість руху повітря – 0,5 м/с, частота вібрації, виниклих в результаті роботи обладнання в цеху $f=20\div 30$ Гц, освітлення приміщення (місцеве освітлення) 1000 Лк.

Характеристики в зоні контролю повинні задовольняти вимогам контролю та відповідати нормам.

Вибір та обґрунтування методу вимірювання

Обираючи між активним та пасивним методом контролю віддаємо перевагу пасивному методу, так як операція контролю буде відбуватися вкінці. При виборі абсолютного або відносного методу контролю обираємо абсолютний. При контролі биття матимемо абсолютний метод вимірювання, так як параметр буде повністю зчитуватись безпосередньо з вимірювального засобу (індикатору), без урахування еталону (похибки еталона та настройки засобу виміру). Обираючи між прямим та непрямим методом надаємо перевагу прямому методу. Так як контроль при контролі биття індикаторною головкою стрілка індикатору може відхилятися як в право так і вліво відносно нуля, та буде знаходитись як сума найбільших відхилень в обидві сторони (відносно попередньо встановленого нуля), або ж як найбільше відхилення (якщо стрілка буде відхилятися тільки в одну сторону відносно нуля).

Враховуючи твердість контрольованої поверхні, матеріал СЧ25, та допуск контрольованого параметру 0,5 мм, геометричні параметри наконечника, орієнтовно назначаємо вимірювальне зусилля 5Н. Тоді похибка від вимірювального зусилля знаходиться:

$$\Delta_{\text{дус}} = 0,43 \times k \times \sqrt[3]{\frac{P_{\text{ус}}^2}{r}} = 0,43 \times 0,81 \times \sqrt[3]{\frac{5^2}{5}} = 0,595 \text{ (мкм)} \quad (2.57)$$

Для того щоб можна було здійснити контроль деталь буде обертатися, а інформація відобразитися на індикаторі.

Вибір та обґрунтування способу вимірювання

Вибір засобу вимірювання, найбільш раціональним є той, що забезпечує найменшу собівартість контролю при заданій точності та надійності.

Припустима похибка вимірювання розраховується за формулою:

$$[\Delta_{\text{вим}}] = A \times T_{\text{вир}} \quad (2.58)$$

де $T_{\text{вир}} = 0,5$ мм, допуск контрольованого параметру;

A – 20-35% від допуску, відповідно для грубих – точних квалітетів, приймаємо 30% для контролю поверхні, яка виконана по 6 квалітету, тоді $A=0,3$.

$$[\Delta_{\text{вим}}] = 0,5 \times 0,3 = 0,15 \text{ мм.}$$

Згідно з ГОСТ 8091-81, рекомендовано прийняти $[\Delta_{\text{вим}}] = 10$ мкм.

Визначення метрологічних характеристик контрольно-вимірювального засобу.

При виборі конкретних вимірювальних засобів і оцінці очікуваної похибки вимірювання необхідно керуватися двома принциповими положеннями :

- вимірювальним засобом одного типу можна виконувати вимірювання з різною похибкою залежно від методу та умов проведення вимірювань;

- для вирішення питання про вибір конкретних вимірювальних засобів та умов проведення вимірювань необхідно оцінювати можливі похибки вимірювання.

Допустима інструментальна похибка береться від сумарної допустимої похибки вимірювання:

$$[\Delta_{\text{пр}}] = (0,6-0,8) [\Delta_{\text{вим}}] \quad (2.59)$$

$$[\Delta_{\text{пр}}] = 0,7 \times 10 = 7 \text{ мкм.}$$

Припустимі похибки вимірювального засобу є початковою інформацією для визначення ціни його поділки:

$$[C] = (0,5 - 2) [\Delta_{\text{пр}}] \quad .(2.60)$$

$$[C] = 1 \times 7 = 7 \text{ мкм, приймаємо } [C] = 5 \text{ мкм.}$$

Інтервал ділення шкали $[a]$ беремо в інтервалі 0,9-2,5 мм, приймаємо

$$[a] = 1 \text{ мм.}$$

Межа вимірювання за шкалою $[A]$, в середині цього інтервалу показання прибору підкорюються установленим нормам точності

$$[A] \geq 2T_{\text{вир}}$$

$$[A] = 2 \times 500 = 1000 \text{ мкм.}$$

Межі вимірювання приладу $[B]$, якими є найбільша та найменша величини, що можуть бути виміряні приладом

$$[B] = 4 \times 500 = 2000 \text{ мм.}$$

Поріг чутливості приладу $[S]$, найменше значення вимірюваної величини, що здатна викликати якнайменшу помітну зміну показань приладу, приймаємо

$$[S] = 0,5 \text{ мкм.}$$

Варіація показань $[W]$, найбільша різниця між показаннями приладу при багаторазовому вимірюванні тієї самої величини за незмінних зовнішніх умов.

$$[W] = 1 \text{ мкм.}$$

Вимірювальне зусилля $[P_{\text{зус}}]$, сила дії вимірювального наконечника на вимірювану деталь в зоні контакту.

$$[P_{\text{зус}}] = 5 \text{ Н.}$$

Допустиме коливання вимірювального зусилля $[\Delta P]$, різниця вимірювального зусилля при двох положеннях стрілки в межах діапазону показань.

$$[\Delta P] = 1 \text{ Н.}$$

Точністю відліку називається точність, що досягається при відліку за шкалою приладу і яка залежить від якості штрихів шкали, товщини стрілки (показчика), відстані між шкалою і стрілкою, освітленості шкали і кваліфікації контролера. Найсприятливіша для точного відліку ширина штрихів шкали, яка дорівнює 0,1 інтервалу розподілу.

$$0,1a=0,1 \times 1=0,1 \text{ мм.}$$

Кількість вимірювальних циклів [K], приймаємо з умови заданої річної програми та випуску деталей протягом трьох років

$$[K]=3N=3 \times 200=600 \text{ вимірювань.}$$

Ймовірність безвідмовної роботи вимірювального засобу:

$$[q]=90\%$$

Орієнтовна вартість засобу вимірювання:

$$[Ц]=2500 \text{ грн.}$$

Вибір засобу виміру визначається за такими умовами:

$$\begin{array}{cccccc} \Delta_{\text{пр}} \leq [\Delta_{\text{пр}}] & a \geq [a] & B \geq [B] & W \leq [W] & \Delta P \leq [\Delta P] \\ q \geq [q] & C \leq [C] & A \geq [A] & S \leq [S] & P_{\text{зyc}} \leq [P_{\text{зyc}}] & K \geq [K] & Ц \leq [Ц] \end{array}$$

Обираємо індикатор, який відповідає заданим вимогам

ЗИЧТ ГОСТ 577-68, у якого $\Delta_{\text{пр}}=5$ мкм, $a=1$ мм, $B=0,6$ мм, $W=1,0$ мкм, $q=95\%$, $C=5$ мкм, $A=0,6$ мм, $S=1$ мкм, $P_{\text{зyc}}=5$ Н, $K=500000$, $Ц=2500$ (рисунок 19,2). Тоді

$$\begin{array}{cccccc} \Delta_{\text{пр}}=5 < 10 = [\Delta_{\text{пр}}] & a=1=1=[a] & B=2 \geq 0,2=[B] & W=1=1=[W] \\ q=95 \geq 90=[q] & C=5=5=[C] & A=0,6 > 0,1=[A] & S=1=1=[S] \\ P_{\text{зyc}}=5=5=[P_{\text{зyc}}] & K=500000 > 450=[K] & Ц=2500=2500[Ц] \end{array}$$

Задані умови точності, надійності та економічності виконуються.

Габаритні розміри $\varnothing 40 \times 102$ мм.

Ескізне проектування

Функції котрі реалізовані в пристосуванні:

- Базування деталі;
- Закріплення і встановлення індикатора;
- Перетворення інформації;
- Об'єднання різних вузлів в єдиний виріб.

Конструкцію пристрою зображено на рисунку 2.11.

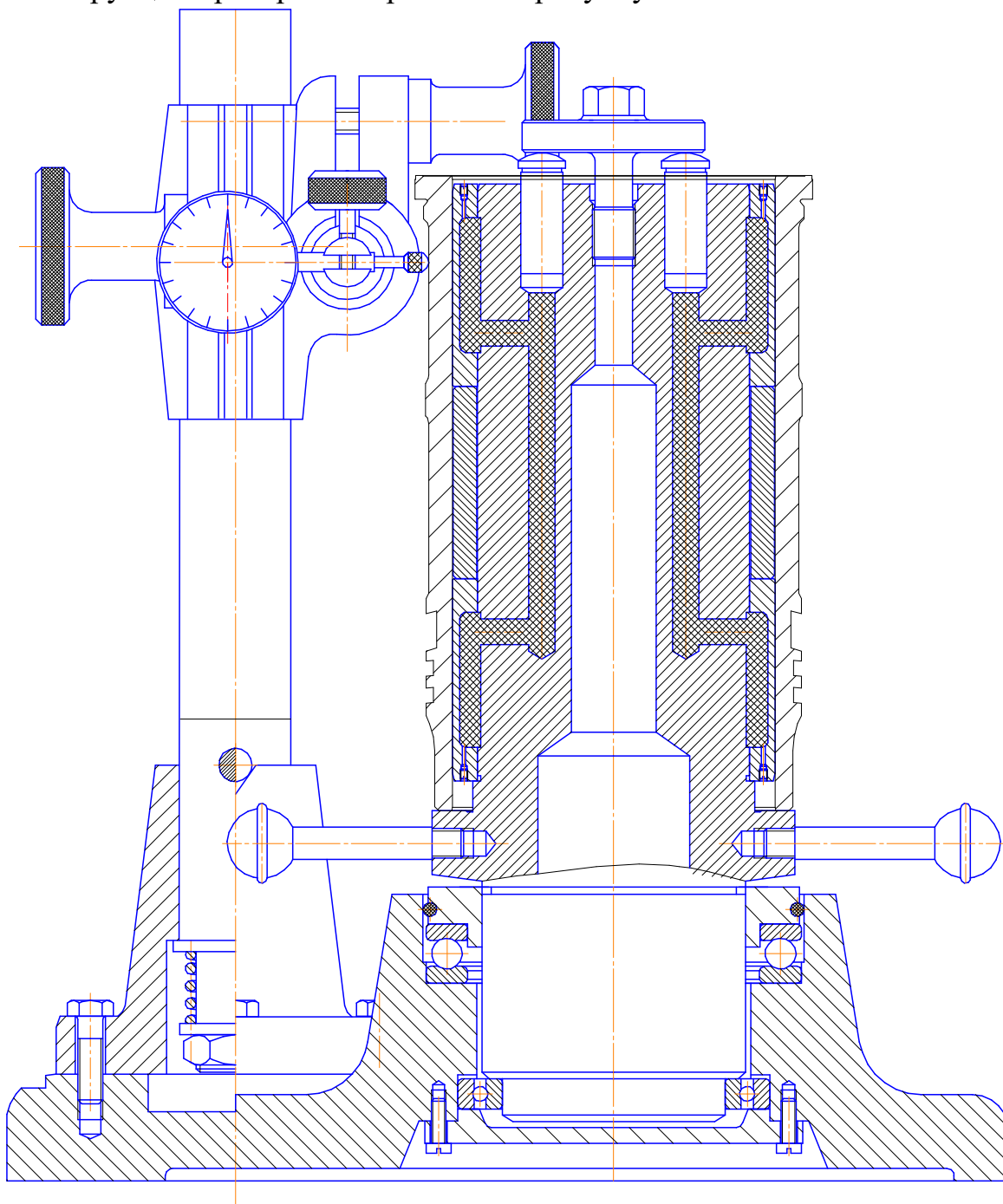


Рисунок 2.11 – Схема пристрою

Розрахунок фактичної сумарної похибки КВП

У результаті аналізу встановлені такі домінуючі похибки, що визначають загальну фактичну похибку вимірювання спроектованого КВП:

$\Delta_{вз}$ – похибка вимірювального засобу;

ε – похибка установлення;

Δ_e – похибка міри або еталона;

$\Delta_{зус}$ – похибки від вимірювального зусилля;

Δ_t – похибки від температурних деформацій;

Δ_p – похибки передаточних пристроїв.

Усі ці похибки пов'язані між собою залежністю

$$\Delta_{\phi} = \left(\Delta_{вз}^2 + \varepsilon^2 + \Delta_e^2 + \Delta_{зус}^2 + \Delta_t^2 + \Delta_p^2 \right)^{1/2}. \quad (2.62)$$

де $\Delta_{вз}=5$ мкм – похибка вимірювального засобу, знайдена раніше;

$\Delta_e = 0$ – похибка еталону, при даному контролі не використовується;

Похибка установлення визначається як

$$E_y = \sqrt{E_{\phi}^2 + E_z^2 + E_{пр}^2} \quad (2.63)$$

де ε_{ϕ} – похибка базування

ε_z – похибка закріплення;

$\varepsilon_{пр}$ – неточності при виготовленні елементів пристрою, які визначаються квадратичним підсумовуванням похибок, що пов'язані як із неточностями виготовлення елементів базування контрольованої деталі $\varepsilon_{пр1}$, так і з неточностями розміщення засобів вимірювання $\varepsilon_{пр2}$

$E_{пр}=5$ - похибка, що виникає в результаті биття оправки;

$E_{\phi} = 0$ – похибка базування, знайдена раніше;

$E_z = 5$ мкм – похибка закріплення в гідропластовій оправці

$$E_y = \sqrt{5^2 + 5^2 + 5^2} = 8,6 \text{ мкм.}$$

Похибки від вимірювального зусилля визначають за формулою :

$$\Delta_{зус} = 0,43 \cdot K \sqrt[3]{P_{зус}^2 / r}, \quad (2.64)$$

де K – коефіцієнт, що залежить від матеріалу вимірювального наконечника: для твердого сплаву $K = 0,81$;

$P_{зус}$ – паспортне значення вимірювального зусилля засобу вимірювання, Н, [13, 14, 15, 23, 24];

r – радіус вимірювального наконечника, мм.

$$\Delta_{зус} = 0,43 \cdot 0,81 \cdot \sqrt[3]{\frac{5^2}{5}} = 0,7 \text{ мкм}$$

Температурні похибки визначають за формулою :

$$\Delta_t = L \cdot [\alpha_1(t_1 - 20) - \alpha_2(t_2 - 20)], \quad (2.65)$$

де L – номінальний (контрольований) розмір;

α_1, α_2 – коефіцієнти лінійного розширення матеріалів вимірюваного об'єкта й вимірювального засобу відповідно;

t_1, t_2 – температури вимірюваного об'єкта й вимірювального засобу.

Даний фактор враховувати не будемо, так як вимірювання будуть проводитись після вирівнювання температури КВП та деталі.

$$\Delta t = 0.$$

$\Delta p = 0$ – похибка передатного механізму, при контролі радіального биття не використовується;

$$\Delta \phi = \sqrt{5^2 + 8,6^2 + 0 + 0,7^2 + 0 + 0} = 9,6 \text{ мкм.}$$

$$\Delta \phi = 9,6 \text{ мкм} < [\Delta_{\text{вим}}] = 10 \text{ мкм}$$

В результаті використання більш новітнього засобу вимірювання контроль буде досить вигідним для виробництва. Також необхідно враховувати багато факторів, пов'язаних з збільшенням якості та надійності

вимірювання. Це дозволить не тільки розширити можливості використання технологічного обладнання але забезпечити «запас точності», але й отримати більш об'єктивну інформацію для управління якості роботи технологічних систем та виготовляємої продукції.

Будова та принцип дії КВП

Пристосування складається з несучого литого корпусу 1 та складальних вузлів. В корпус 1 за допомогою підшипників 25 та 26 установлюється оправка 5, котра необхідна для безпосереднього базування деталі через розтискні втулки 6. Радіальний підшипник 25 фіксується кришкою 4 за допомогою гвинтів 24. Упорний підшипник 26 фіксується заглушкою 2, котра має ущільнююче кільце 3. Для обертання навколо власної вісі в оправку вкручуються чотири ручки 8. Також на корпусі 1 базується стакан 11 стійки за допомогою гвинтів 21. В стакані 11 по посадці установлюється підпружинена циліндрична стійка 13. На стійці, в свою чергу установлюється затискний хомут 14 за допомогою втягування гвинтом 15, через даний хомут закріплюється і вісь 19, втягуванням гвинтом 16. В вісь установлюється індикатор 20 та обжимається гвинтом 18.

Деталь установлюється на оправку, та центрується/закріплюється за рахунок розтискання втулок 6 гідропластом.

Підводиться стійка до попадання штифта 12 в призматичний паз корпусу 11. Настроюється індикатор на нуль.

Обертаючи деталь навколо власної вісі виконується контроль за допомогою зчитування з індикатора інформації та сумуючи максимальне відхилення.

Після зняття інформації відводиться стійка, віджимається гідропласт та замінюється деталь на наступну.

Зберігають пристосування законсервованим на дерев'яному настилі

2.9 Висновки

Після виконання другого розділу роботи зроблено наступні висновки:

- доцільно замінити метод отримання заготовки;
- отримано структури операцій та проведено їх нормування;
- вдалося зменшити вагу та скоротити величину припусків за допомогою аналітичного методу;
- розроблено КВП для контролю радіального биття.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ. МОДАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЧАСТОТ ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

3.1 Модальний аналіз

Методологія визначення динамічних характеристик конструкцій за результатами резонансних випробувань їх складових частин полягає в проведенні випробувань підконструкцій, побудові математичних моделей підконструкцій за результатами випробувань, побудові повної математичної моделі всієї конструкції на підставі синтезу моделей підконструкцій, визначенні динамічних характеристик всієї конструкції по повній математичній моделі. Невідомими параметрами математичних моделей є матриці інерції, жорсткості і демпфірування.

Спочатку математичні моделі підконструкцій будуються в головній системі координат за результатами експериментального модального аналізу: власним частотам, формам, узагальненим масам і характеристикам демпфірування власних тонів коливань. Потім ці моделі переводяться в фізичну систему координат, для чого використовуються такі їх властивості, як симетрія і позитивна визначеність матриць інерції і жорсткості, ортогональність форм власних коливань, позитивна визначеність матриці демпфірування.

Процедура складання матриць інерції і жорсткості повної конструкції аналогічна алгоритму формування глобальних матриць в методі суперелементов. після побудови матриць інерції і жорсткості повної конструкції її власні частоти і форми власних тонів коливань визначаються з рішення задачі про власні значення. Матриця демпфірування повної конструкції будується так само, як і матриці інерції і жорсткості, але узагальнені коефіцієнти демпфірування власних тонів коливань визначаються після рішення задачі про власні значення.

Модальний аналіз - це дослідження динамічних властивостей лінійних структур на базі структурного тестування або чисельного моделювання методом кінцевих елементів. У число динамічних властивостей входять резонансні частоти (власні частоти) і структурна форма (власний тип коливань). Динамічні властивості залежать від розподілу маси, жорсткості і демпфірування на структурі і визначають поведінку структурних коливань при впливі експлуатаційних навантажень. Кожна деформація лінійної структурної системи може бути виражена як лінійна комбінація структурних форм, які утворюють ортонормовану векторну базу.

Модальне тестування об'єднує збір даних з подальшим аналізом. У промисловій сфері цей процес часто називають "модальне тестування і аналіз" або "експериментальний модальний аналіз" (ЕМА).

Результати модального тестування і аналізу використовуються в різних додатках для чисельного моделювання і тестування, включаючи розрахунки чутливості до вібрації, аналіз основних причин викликаних вібрацією проблем і виявлення пошкоджень, а також щоб додати гнучкість в аналіз системи багатьох тіл і прискорення розрахунків довговічності і віброакустичних властивостей. Модальні розрахунки дуже надійні і дозволяють ефективно обчислювати зміни структури у відповідь на дії різного роду.

Результати модального аналізу: власні частоти і форми, узагальнені маси і декременти власних тонів коливань є вихідними даними при вирішенні широкого кола завдань динаміки механічних систем. Справжня робота присвячена розробці методології визначення характеристик власних тонів коливань конструкцій, що представляють собою сукупність окремих складових частин (підконструкцій), за результатами динамічних випробувань цих складових частин.

Доцільність вирішення проблеми визначення динамічних характеристик великогабаритних конструкцій за результатами випробувань їх складових підконструкцій пояснюється двома причинами. Перша причина

полягає в тому, що такі конструкції на час випробувань повинні встановлюватися на опори. При цьому зазвичай не вдається реалізувати умови закріплення об'єкта випробувань, відповідні експлуатаційним, що може привести до великих погрішностей в оцінках характеристик власних тонів коливань. Другою причиною можуть бути великі габарити і складність конструкції в зібраному вигляді. Експериментальний модальний аналіз такої конструкції пов'язаний з серйозними труднощами.[22]

Модальний аналіз, виконаний на базі структурного тестування або моделювання методом кінцевих елементів, допоможе:

- зрозуміти як вібрує та деформується виріб;
- приводити в відповідність та обновляти моделі;
- прискорити розрахунки структурних, віброакустичних розрахунків і розрахунків довговічності;
- додати гнучкість в моделі аналізу багатотілих деталей.

3.2 Модальний аналіз КВП

Так як відділ технічного контролю знаходиться неподалік цехів де відбувається виробництво деталей та наявні коливання обладнання від роботи необхідно провести аналіз частоти власних коливань контрольно вимірювального пристрою, щоб запобігти виникненню резонансу в процесі вимірювання тому, що це може вплинути на точність вимірювання. Для цього необхідно щоб вимірювальний пристрій міг витримувати більші частоти коливань ніж ті що можуть виникнути від верстатів при обробці. За допомогою вбудованого модуля в програмному комплексі ANSYS визначимо частоти власних коливань контрольно вимірювального пристрою і потім порівняємо з частотами, що можуть виникати при роботі цеху. За допомогою цих результатів буде можливість за необхідності удосконалити пристрій щоб запобігти резонансу і підвищити точність вимірювань.

Для визначення частот власних коливань зпроектованого пристосування умовно розділимо його на дві частини та приберемо деталь.

Це робиться для отримання більш точних результатів, та більш яскравого відображення можливих деформацій. На рисунках 3.1–3.6 наведено форми власних коливань досліджуваного вимірювального пристрою.

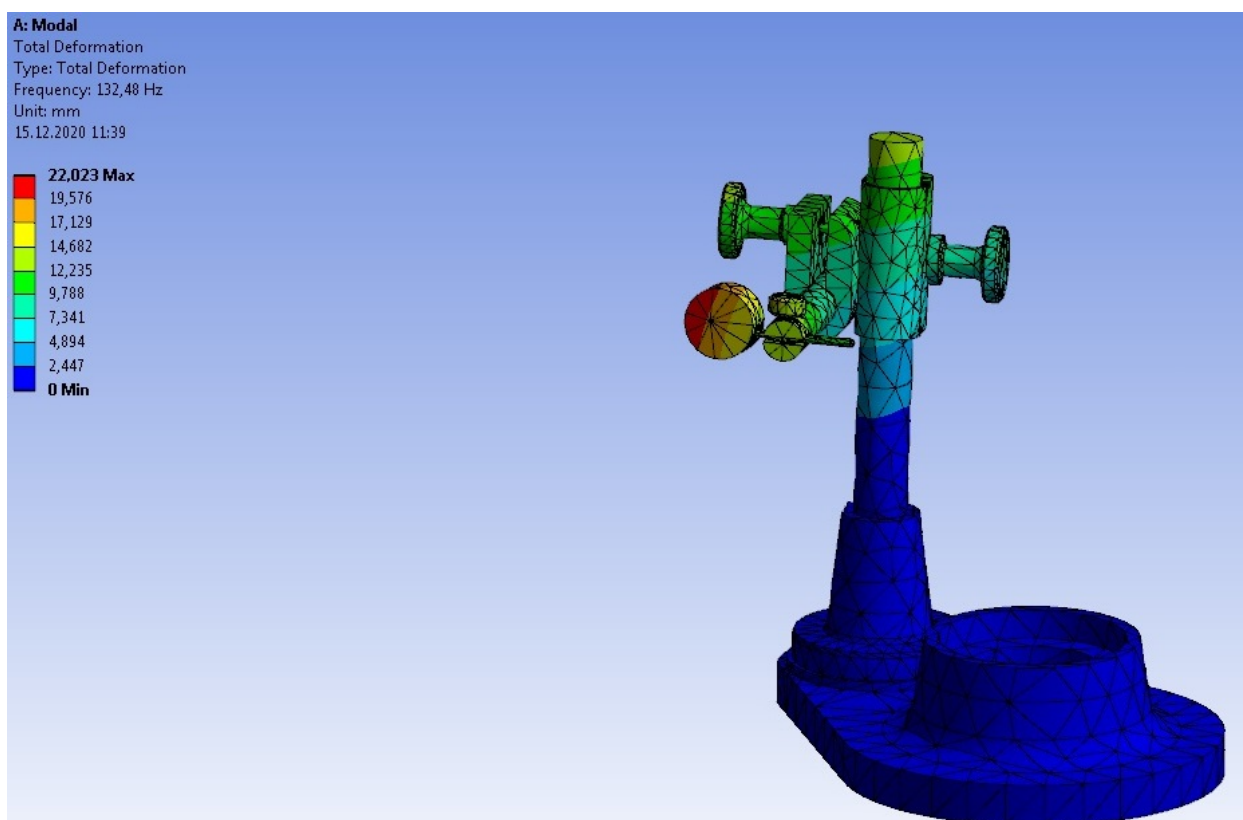


Рисунок 3.1 – Ілюстрація першої критичної частоти для стійки

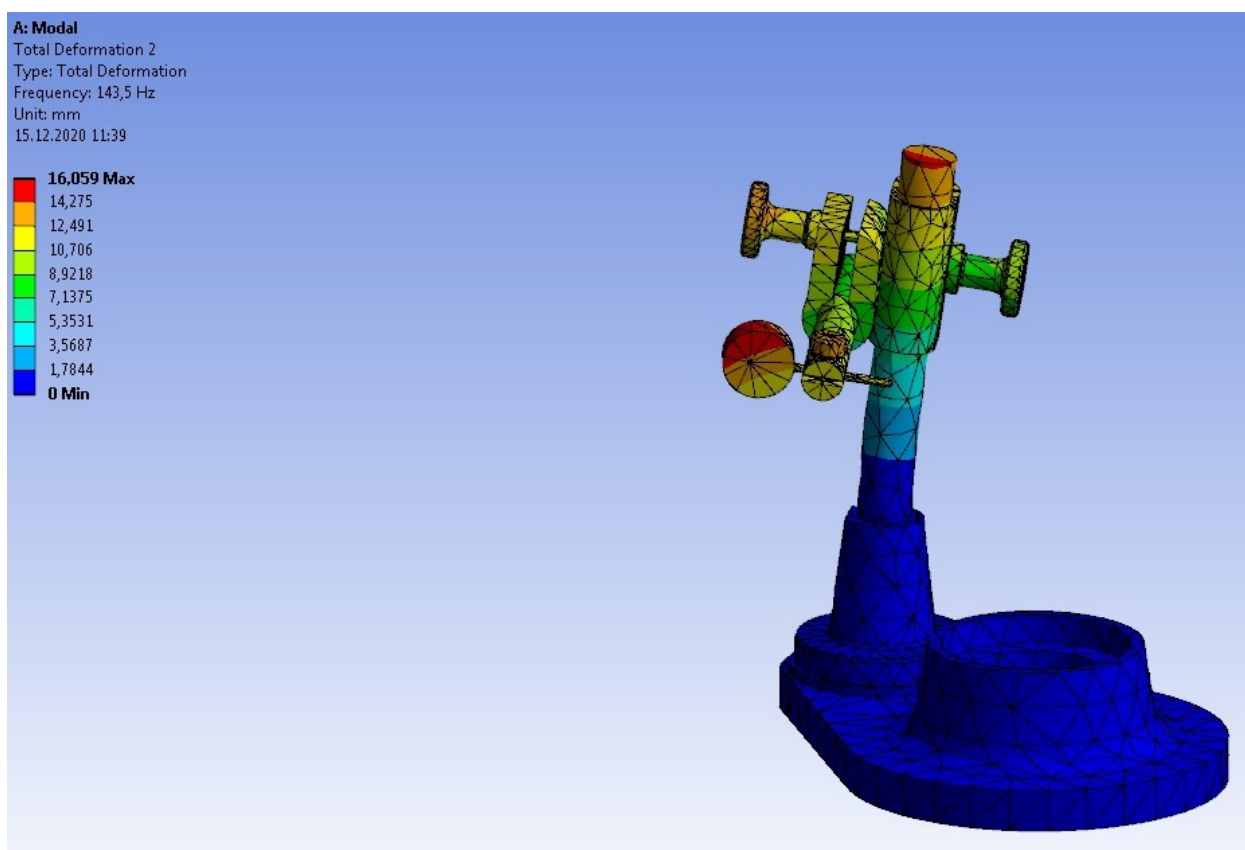


Рисунок 3.2 – Ілюстрація другої критичної частоти для стійки

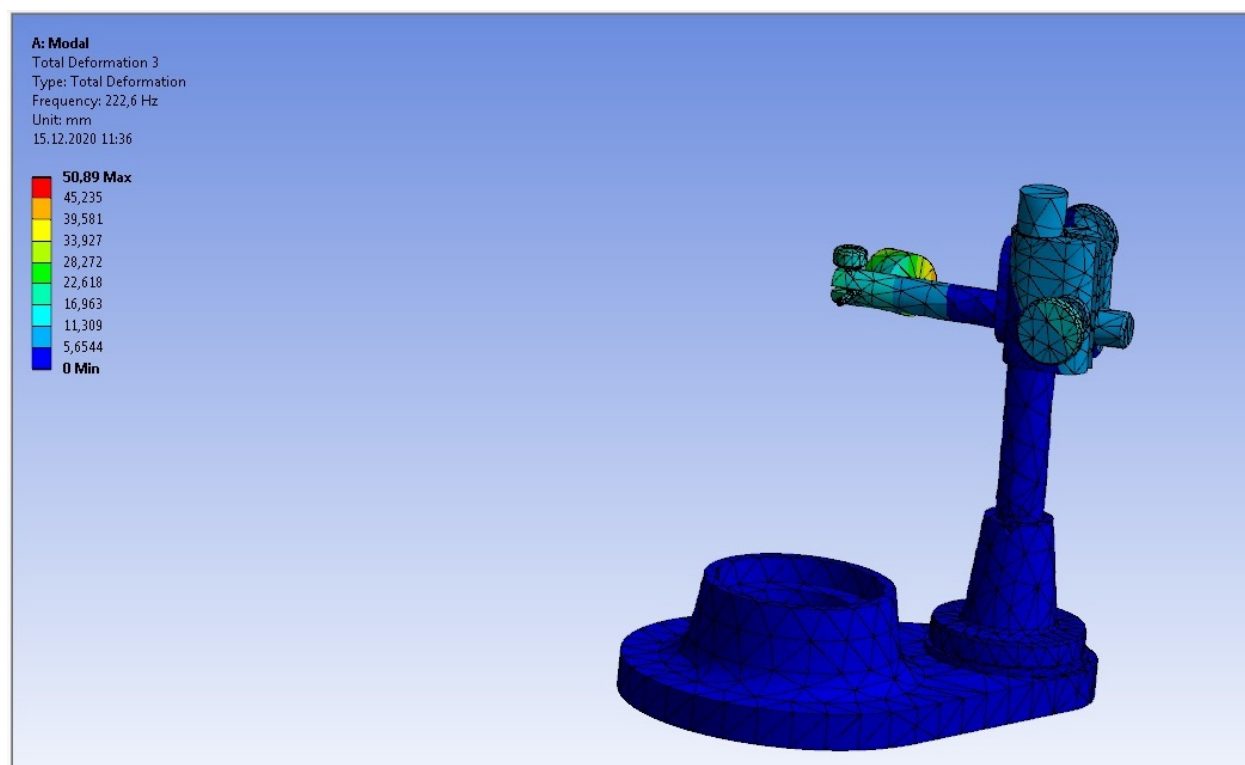


Рисунок 3.3 – Ілюстрація третьої критичної частоти для стійки

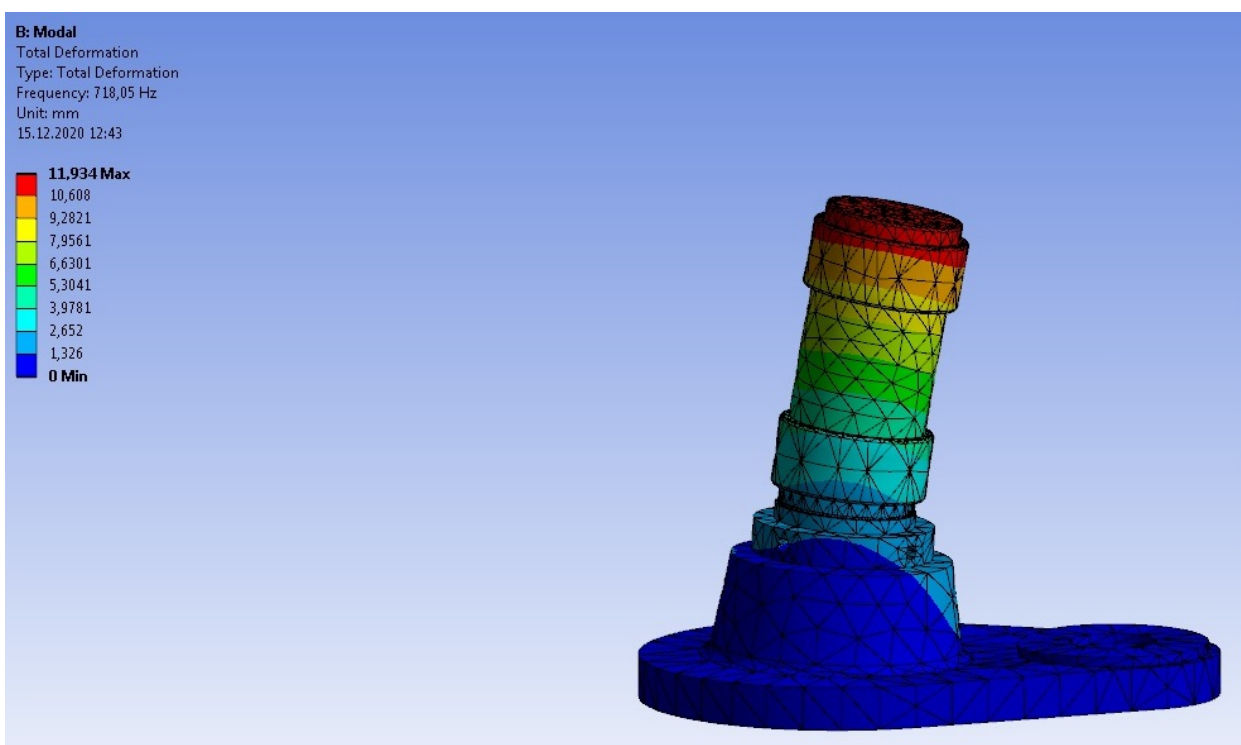


Рисунок 3.4 – Ілюстрація першої критичної частоти для оправки

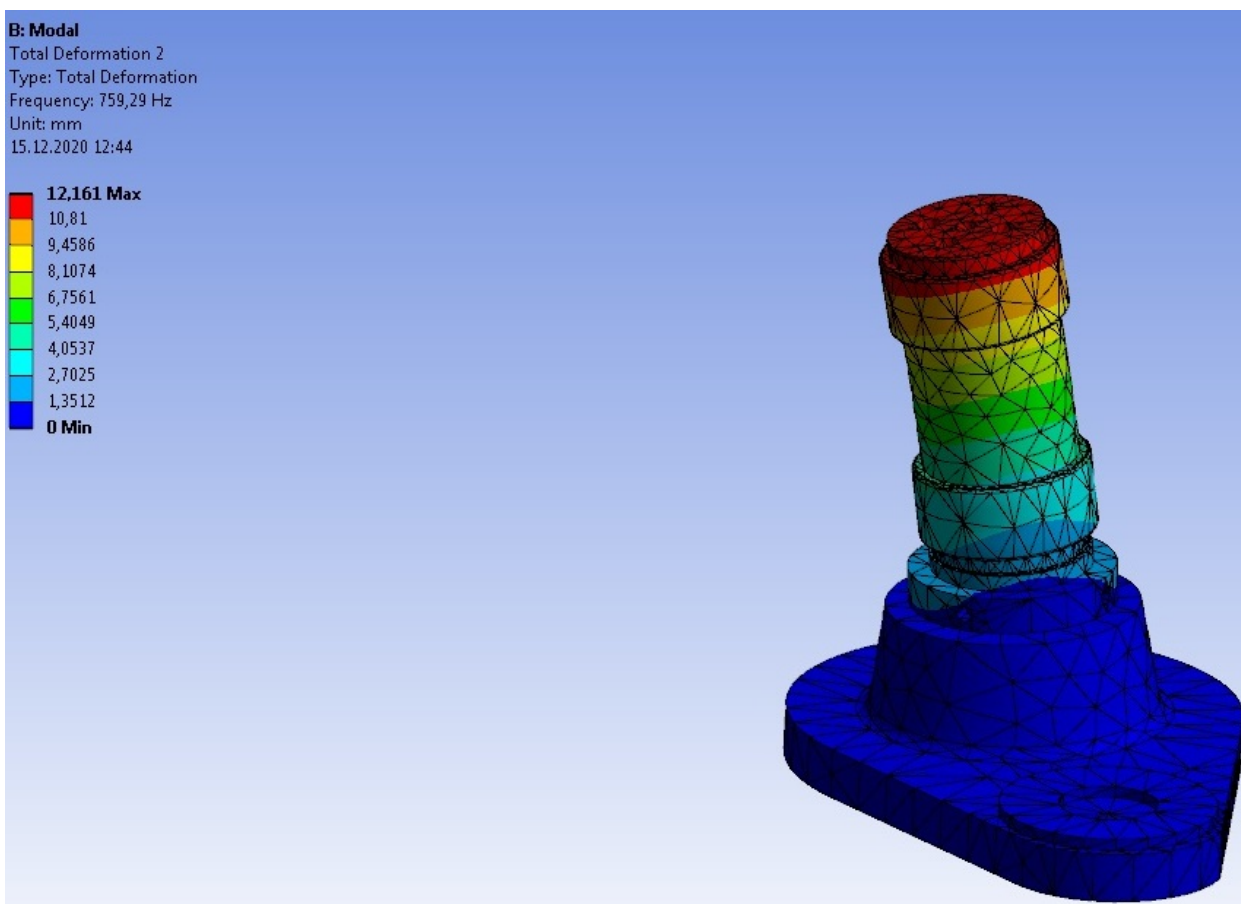


Рисунок 3.5 – Ілюстрація другої критичної частоти для оправки

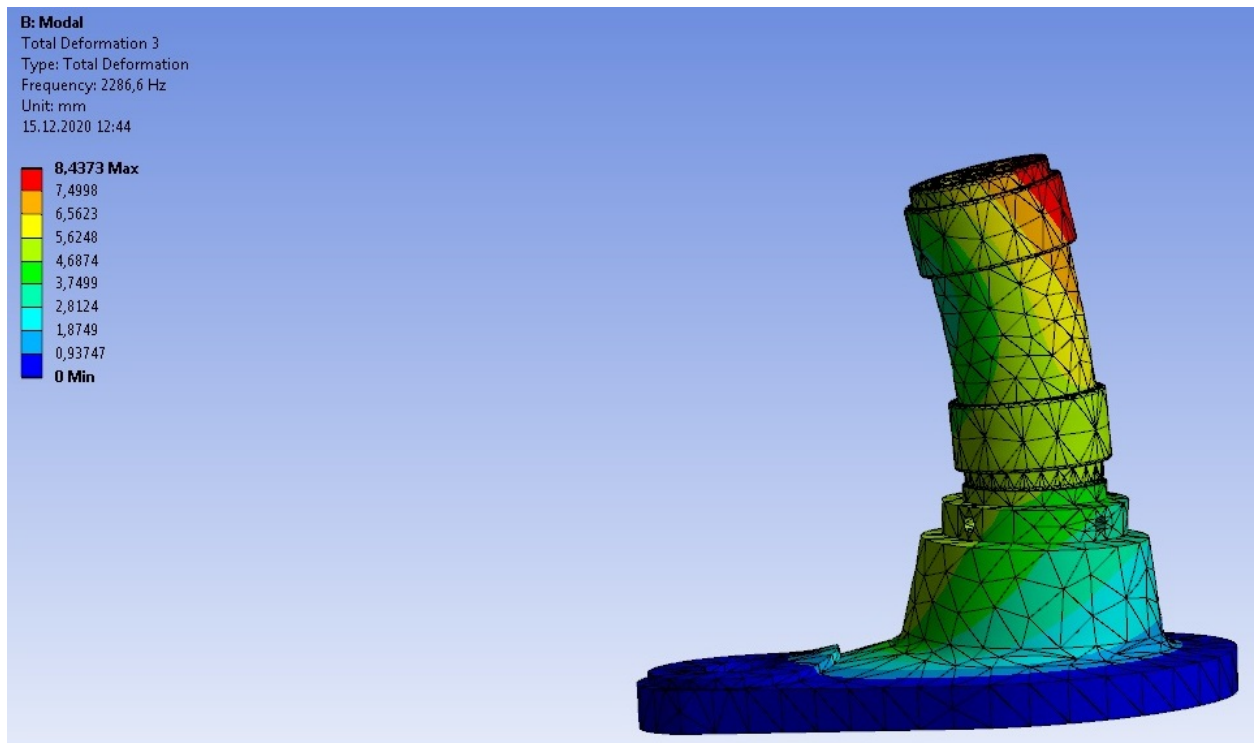


Рисунок 3.6 – Ілюстрація третьої критичної частоти для оправки

Дивлячись на отримані результати та величини коливань при яких відбуваються деформації можна зробити висновок, що пристрій буде нормально функціонувати і коливання обладнання цеху ніяк не вплинуть на точність вимірювання.

Результати модального аналізу дозволяють зробити висновок, що розрахунки виконано вірно і модель є адекватною. Оптимізації конструкція не потребує.

Висновки

Визначено частоти власних коливань контрольно вимірювального пристрою, та встановлено, що частоти коливань які виникають в цеху під час роботи не вплинуть на точність вимірювання.

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи був виконаний аналіз службового призначення деталі. Відображено основні технічні характеристики і призначення. Був проведений аналіз всіх поверхонь деталі та їх призначення, проаналізоване креслення та вимоги до деталі.

При аналізі технічних вимог на виготовлення деталі були описані властивості обраного матеріалу, був проведений аналіз вимог, що були запропоновані конструктором.

Було визначено тип виробництва – середньо серійний. Проведено аналіз технологічності конструкції. Було обрано спосіб одержання заготовки – лиття по виплавляємим моделям.

Розраховано припуски на механічну обробку. Розглянули схеми базування та обрали яка відповідає найбільше вимогам. Обрано металорізальні верстати та верстатні пристрої, металорізальний та вимірювальний інструмент.

Проведено розрахунки режимів різання та технічне нормування операцій. Спроектовано контрольно вимірювальний пристрій. За допомогою вбудованого модуля в програмному комплексі ANSYS визначено частоти власних коливань контрольно вимірювального пристрою.

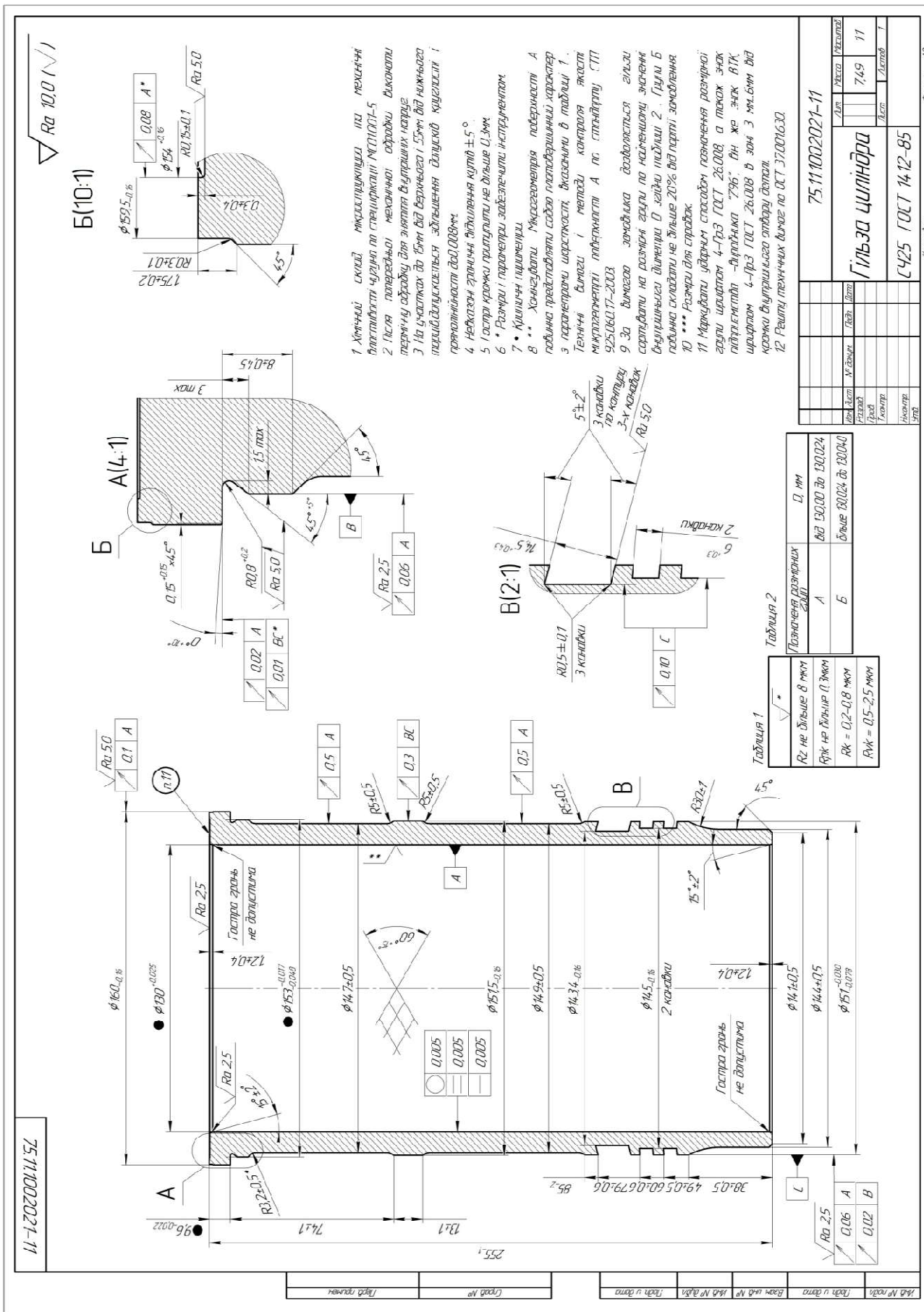
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів для студентів спеціальності 6.05050201 «Технології машинобудування» / укладач В. Г. Євтухов. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 44 с.
2. Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст] : учеб. пос. / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – 4-е изд., перераб. и доп. – Минск : Вышэйшая шк., 1983. – 256 с. + Гриф МОН.
3. Маталин, А.А. Технология машиностроения: учеб. Для машиностроит. вузов [Текст] /А. А. Маталин.- Л.: Машиностроение, 1985.-496с.
4. Косиловой А. Г. и Мещерякова Р. К. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 /Под ред.- 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 496 с., ил.
5. Косиловой А. Г. и Мещерякова Р. К. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 /Под ред...- 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 656 с., ил.
6. Колесов, И.М. Служебное назначение изделия и технические условия / И.М. Колесов. – Москва : Знание,1977. – 64с.
7. ГОСТ 26645-85 Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.
8. Общемашиностроительниестроительные нормативы режимов резанья для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – Ч.1. токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, свердлильные, долбежные и фрезерные станки. – Москва : Машиностроение, 1974. – 416 с.
9. Общемашиностроительниестроительные нормативы вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – Москва : Машиностроение,1974– 421 с.

10. А. Н. Резников, Е. И. Алексенцев, Я. И. Барац и др. Абразивная и алмазная обработка материалов: справочник [Текст] /. – Москва : Машиностроение, 1977. – 391 с.
11. Куликов, С.И. Прогрессивные методы хонингования Текст /С.И. Куликов, Ф.Ф. Ризванов, В.А. Романчук, С.В. Ковалевский. – Москва: Машиностроение, 1983. – 135 с.
12. Куликов В. А. Романчук Ф. Ф. Ризванов Ю. М. М. Хонингование. Справочное пособие., «Машиностроение», 1973, 168 с.
13. О.У. Захаркін. Технологія машинобудування: конспект лекцій - Суми: Вид-во СумДУ, 2010.-260с.
14. П. В. Кушніров Методичні вказівки до практичних занять з курсу “ Технологічна оснастка ”.-Частина 1 /. – Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – 52 с.
15. Г. С. Чумаков. Методические указания к выполнению контрольной работы по проектированию станочных приспособлений для студентов заочной формы обучения специальности 0501 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» – Харьков: ХПИ, 1986. – 34 с.
16. Юдин Е.Я., Белов С.В., Баланцев С.К. и др. Охрана труда в машиностроении . Учебник для машиностроительных ВУЗов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 432 с.
17. ГОСТ 3.1105-84. Формы и правила оформления документов общего назначения.
18. ГОСТ 2.108-68 ЕСКД. Спецификация.
19. ГОСТ 3.1404-86 ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием.
20. В. Г. Євтухов, О. У. Захаркін Методичні вказівки до практичних робіт з курсів «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» та «Технологія машинобудування» для студентів напрямку 6.0902 усіх форм навчання / – Суми : Сумський державний університет, 2004. – 63 с.

21. Захаркін О. У., Євтухов В. Г. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин» / Укладачі - Суми: Вид-во СумДУ 2000 23 с.
22. Сайт URL: https://journals.nstu.ru/doklady/download_article?id=2324
23. Станочные приспособления: Справочник /Под ред. Б.Н. Вардашкина , В. В. Данилевского. –М. : Машиностроение , 1984.-Т.2.–685с.
24. Методические указания к выполнению контрольной работы по курсу «Проектирование контрольно-измерительных приспособлений» /Сост. Г. С. Чумаков. –Харьков : ХПИ, 1990.-56с.
25. Методические указания к практическим занятиям «Уточнение цели контрольной операции и задачи конструирования» по курсу «Контрольно-измерительные приборы» /Сост. В. Г. Евтухов. –Харьков: ХПИ, 1987.–16с.
26. Методические указания к практическим занятиям «Поиск и обоснование методов измерения» по курсу «Контрольно-измерительные приборы» /Сост. В. Г. Евтухов. –Харьков: ХПИ, 1987.–16с.
27. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений: учебник для вузов, - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983 – 277с.
28. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник. Изд. 6-е. – М.: Машиностроение, 1971 – 384с.
29. Чумаков Г.С. Методические указания к выполнению контрольной работы по курсу «Проектирование контрольно-измерительных приспособлений». Харьков, ХПИ, 1990.
30. М.А. Ансеров. Приспособления для металлорежущих станков. 2–е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1964 – 652с.

ДОДАТОК А
КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ



Додаток Б

Розрахунок припусків на діаметральні розміри

РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ДИАМЕТРАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ		
Программа - 'prip' ver.7.1		
СумГУ. Вычислительный центр факультета ТЕСЕТ		26.04.2019

Расчет выполнен для Голуб С., группа - ТМ-51

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

обрабатываемая поверхность - отверстие в заготовке с отверстием ϕ 130+0.025
0

Наименование перехода или операции маршрута обработки поверхности	Обозначение точности	Предельные отклонения, мм	Элементы припуска, мм				
			шероховатость Rz (i-1)	дефект слой h (i-1)	простр отклон p (i-1)	погрешность базир Eб (i)	загр. Eз (i)
Отливка стучная ГОСТ 26645-85	кл. точн. 16	+0.800 -0.800	-	-	-	-	-
Черновое растачивание	качество 12	+0.400 0	30	170	2215	25	110
Чистовое растачивание	качество 8	+0.063 0	50	50	133	15	110
Хонингование	качество 6 +0.025 0	+0.025 0	20	25	88	0	10

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА :

Расчетные значения			Принятые значения, мм							
припуск, мм		расчетный размер, мм	расчетный размер	номинальный размер с предельными отклонениями	предельный размер		припуск, мм			
мини	расч.				мини	макси	мини	расч.	макс.	
-	-	122.164	121.2	122	+0.800 -0.800	121.2	122.8	-	-	-
4836	6436	128.653	128.6	128.6	+0.400 0	128.6	129	5800	7400	7800
547	947	129.669	129.6	129.6	+0.063 0	129.6	129.663	600	1000	1063
268	331	130	130	130	+0.025 0	130	130.025	337	400	425

К О Н Е Ц Р А С Ч Е Т А

Додаток В

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Аналіз небезпечних та шкідливих факторів під час удосконалення технологічного процесу виготовлення гільзи циліндру 75.11.1002021-11

У розділі розглянуті та проаналізовані умови праці, а також потенційно небезпечні та шкідливі фактори.

Матеріал деталі – чавун спеціальний, маса заготовки – 9 кг, маса готової деталі - 7,49 кг.

Основними травмонебезпечними виробничими чинниками, які можуть виникати в процесі обробки деталі, є:

- Ріжучі інструменти, особливо швидко оброблювальні фрези, свердла. Вони можуть завдати травми, зокрема з тяжкими травмами, при випадковому дотику до них в процесі роботи, у разі захоплення ними одягу, а також раптового їх руйнування.
- Пристосування для закріплення оброблюваних деталей, особливо кулачкові патрони. Вони представляють небезпеку як при випадковому до них дотику, так і у разі захоплення одягу виступаючими частинами в процесі роботи верстата.
- Оброблювана деталь. При сучасних режимах різання деталь може вирватися із закріплюючих пристроїв. Травма може бути також нанесена обробленою деталлю при її знятті з верстата вручну, без відповідних пристосувань.
- При порушенні заземлення робочий може бути уражений електричним струмом.
- Приводні і передавальні механізми верстатів, особливо ходові гвинти токарних верстатів, ремінні, ланцюгові і зубчаті передачі, які можуть завдати травми в процесі наладки, мастила і ремонту верстатів.

- Металева стружка. Стрічкова (зливна) стружка, що утворюється при точінні і свердленні сталей, зачіпає частини верстата і, упираючись в підлогу, згортається в петлі, заплутуючись навколо різця, деталі, супорта, задньої бабки, важелів управління і інших частин верстата. Розплутування стружки викликає додаткові витрати часу, крім того робочий наражається на небезпеку поранення. Стружка сколювання, що утворюється при точінні і фрезеруванні, а також крупні пилові частинки можуть травмувати очі робочому.

Для усунення і запобігання нещасним випадкам на ділянці необхідно суворо дотримуватися заходів, що рекомендуються ГОСТ 12.2.003-74 «Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки» і ГОСТ 12.2.009-80 «СБТС. Верстати металообробні. Загальні вимоги безпеки».

ГОСТ вимагає:

- Передачі (ремінні, ланцюгові, зубчаті та інші), розташовані зовні корпуси верстата повинні бути захищені суцільними, з жалюзі або сітчастими укриттями залежно від необхідності спостереження за механізмом, що захищається. Передбачається забарвлення в сигнальні кольори рухомих складальних одиниць і пристроїв, що захищають.

- Органи управління верстатів необхідно забезпечувати фіксаторами, що виключають випадкове їх включення або переміщення рухомих органів, а також пояснюючими написами і символами.

- Пристрої (патрони, повідці і ін.), що обертаються, або гладкі зовнішні поверхні за наявності виступаючих частин або поглиблень повинні мати огорожі. Для попередження порізів стрічковою стружкою необхідна зміна її форми в процесі різання шляхом того, що завиває в гвинтову спіраль або дроблення на окремі елементи. Щоб роздроблена стружка не потрапила в очі робочому необхідно використовувати захисні екрани і окуляри.

Для зниження кількості пилу, випаровувань СОЖ до гранично допустимих значень необхідно застосовувати пиловідсмоктуючі пристрої, які розташовуються над зоною різання і приєднуються до індивідуальних або групових вентиляційних установок.

Для поліпшення освітлення на робочих місцях необхідно передбачити комбіновану систему освітлення, яка поєднує загальне і місцеве освітлення. Конструкція кронштейна світильника місцевого освітлення повинна забезпечувати його фіксацію у всіх необхідних положеннях без додаткових операцій по його закріпленню. Підведення електричних проводів до світильника повинне здійснюватися усередині кронштейна. Конструкція вузлів і шарнірів кронштейна повинна виключати перекручення і перетирання проводів і попадання на них вживаних при обробці рідин.

Для зменшення рівня шуму необхідно:

- змащувати поверхні, що труть, в з'єднаннях, застосовувати балансування елементів, що обертаються, використовувати матеріали прокладок і інші вставки в з'єднаннях, щоб виключити або зменшити передачі коливань від однієї деталі або частини верстата до іншої;
- застосовувати облицювання стін і стелі приміщення звукоізолюючими матеріалами, оскільки вони знижують рівень шуму поблизу джерела його виникнення на 2-3 дБ.

Паспорт санітарно-технічного стану і умов праці є основним документом, що характеризує санітарно-гігієнічний стан цеху (ділянки) і призначений для виявлення робочих місць, умов праці на яких не відповідають вимогам стандартів безпеки праці, правил гігієни праці і виробничої санітарії, а також для визначення чисельності що працюють в цих умовах.

Паспорт включає дані для характеристики виробництва:

- чисельність тих, що працюють (зокрема жінок і підлітків);
- чисельність зайнятих в нічних змінах (зокрема жінок і підлітків);

- рівень виробничого шуму (ГОСТ 12.1.003);
- рівень вібрації на робочих місцях (ГОСТ 12.1.012);
- загазованість і запилення повітряного середовища (ГОСТ 12.1.005);
- освітленість робочих місць;
- температура і відносна вологість повітря робочої зони виробничих приміщень (ГОСТ 12.1.005).

В таблиці 1 наведено температури повітря виробничого приміщення для різних категорій робіт.

Таблиця 1 – Температура повітря робочої зони виробничого приміщення

Категорія робіт	Температура повітря °С	
	З незначним надлишком явного тепла	Із значним надлишком явного тепла
Легка і середньої тяжкості	Не більше ніж на 3°С вище за середню температуру зовнішнього повітря о 13 годині найжаркішого місяця але не більше 28°С	Не більше ніж на 5°С за середню температуру повітря о 13 годині найжаркішого місяця але не більше 28°С
Важка	Не більше ніж на 3° вище за середню температуру повітря о 13 годині найжаркішого місяця але не більше 26°С	Не більше ніж на 5° вище за середню температуру повітря о 13 годині найжаркішого місяця але не більше 26°С

На основі санітарно-технічної паспортизації повинні розроблятися заходи, направлені на поліпшення умов праці, зниження загальної і професійної захворюваності і нещасних випадків на виробництві.

Вологість повітря робочої зони наведено у таблиці 2.

Таблиця 2 – Відносна вологість повітря робочої зони виробничого приміщення

Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість %
Легка і середній тяжкості	28	Не більше 55
	27	Не більше 60
	26	Не більше 65
	25	Не більше 70
	24 і нижче	Не більше 75
Важка	26	Не більше 65
	25	Не більше 70
	24 і нижче	Не більше 75

Як основний об'єкт, що паспортизується, в цеху (на ділянці) слід приймати, як правило, виробничу ділянку, що характеризується однаковими умовами праці для всіх робочих.

Розрахунок вентиляції.

При спалюванні одного кілограма електродів ЦМ-8 забруднюється 5000-6000 м³ повітря. В зварювальному цеху за годину спалюється 0,6 кг електродів, що дає забруднення 3600 м³ за годину які треба видалити.

Розрахунок природної вентиляції

Швидкість повітряного потоку

$$V = \frac{1.42 \times \Psi_c \sqrt{H_m}}{P_3}$$

де Ψ_c – коефіцієнт, який враховує опір повітря в каналі отвору ($\Psi_c = 0,5$);

H_m – перепад тиску, Па;

$$H_m = h_H \times (P_3 - P_B)$$

де h_H – висота між серединами приточних витяжних проємів, $h_H = 3$ (м).

$$H_m = 9,8 \times 3 \times (1,312 - 1,247) = 1,9 \text{ (Па)}$$

$$V = \frac{1,42 \times 0,5 \times \sqrt{1,9}}{1,32} = 0,9 \text{ (м/с)}$$

Число витяжних пристроїв

$$n = \frac{S_{nk}}{f}$$

де f – площа перерізу витяжних каналів, $f = 0,5 \text{ (м}^2\text{)}$

Сумарна площа витяжних каналів

$$S_{nk} = \frac{W}{3600 \times V}$$

де W – повітрообмін.

$$W = \frac{B \times n}{B_{гдк}}, \text{ м}^3/\text{год}$$

де $B_{гдк}$ – гранично допустима кількість, $B_{гдк} = 20,0 \text{ (мг / м}^3\text{)}$

B – дійсна кількість шкідливих речовин, $B = 180000 \text{ (мг/год)}$

n – кількість джерел, які виділяють шкідливості.

$$W = \frac{180000 \times 1}{20} = 9000 \text{ (м}^3\text{)};$$

$$S_{nk} = \frac{9000}{3600 \times 0,9} = 2,7 \text{ (м}^3\text{)};$$

$$n = \frac{2,7}{0,5} = 5,4 \text{ (шт.)}.$$

Приймаємо $n = 6$ витяжних пристроїв.

Діаметр патрубку розраховуємо за формулою:

$$D = 0,0188 \times \sqrt{Wg \times Vg}$$

де Wg – продуктивність дефлектора, $\text{м}^3/\text{год}$.

Vg – швидкість повітря в патрубку.

$$Wg = \frac{W}{n_g}$$

де n_g – кількість установлених дефлекторів, $n_g = 6$;

W – даний повітряний обмін

$$Wg = \frac{9000}{6} = 1500(\text{м}^3);$$

$$Vg = 0,4 \times V_B$$

де V_B – швидкість вітру, $V_B = 5$ (м/с);

$$Vg = 0,4 \times 5 = 2 \text{ (м/с);}$$

$$D = \frac{0,0188 \times \sqrt{1500}}{2} = 0,51(\text{м})$$

Для даного підприємства потрібно 6 витяжних пристроїв з діаметрами патрубків 0,51 м.

Розрахунок механічної вентиляції.

Знаходимо продуктивність вентилятора, якщо повітряний обмін дорівнює

$$W_B = K_3 \times W$$

де K_3 – коефіцієнт запасу, $K_3 = 2$

$$W_B = 1,3 \times 9000 = 11700(\text{м}^3/\text{год}).$$

Вибираємо номер вентилятора N , коефіцієнт кожної дії і безрозмірне число A .

$$N = 6, B = 0,5, A = 2500.$$

Кількість обертів вентилятора

$$\eta_B = \frac{A}{N}$$

$$\eta_B = \frac{2500}{6} = 416,7(\text{об/хв}).$$

Розраховуємо потужність електродвигуна для вентилятора.

$$P_{\text{дв}} = \frac{H_B \times K_3 \times W_B}{3600 \times 1000 \times n_B n_n};$$

де H_B – повний тиск вентилятора, Па; $H_B = 400$ (Па)

K_3 – коефіцієнт запасу (1,3...2;0)

n_B, n_n – ККД вентилятора (0,4...0,6) і передачі (0,90..0,95).

$$P_{\text{дв}} = \frac{400 \times 1,3 \times 11700}{3600 \times 100 \times 0,5 \times 0,9} = 3,75(\text{кВт})$$

Приймаємо асинхронний двигун потужністю 3,75 кВт.