

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

Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи (проєкту)

перший (бакалаврський)  
(освітньо-науковий рівень)

на тему *«Проектування технологічного процесу виготовлення  
муфти П6-ВА4-А.15.09»*

Виконав: студент IV курсу, групи ТМз-83-0с  
спеціальності:

131 «Прикладна механіка»  
(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми:

«Технології машинобудування»  
(назва освітньої програми)

Дмитро КОНОНЧУК  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник Павло КУШНІРОВ  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент Борис СТУПІН  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

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

Інститут, факультет ЦЗДВН  
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів  
Освітньо-науковий рівень перший (бакалаврський)  
(назва)  
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»  
(шифр і назва)  
Освітня програма «Технології машинобудування»  
(назва освітньої програми, за наявності)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри технології  
машинобудування, верстатів та  
інструментів

Віталій ІВАНОВ

«  » 2022 року

**ЗАВДАННЯ**  
**ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ**

Конончук Дмитро Володимирович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Проектування технологічного процесу виготовлення муфти П6-ВА4-А.15.09

керівник проєкту Кушніров Павло Васильович, канд. техн. наук, доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «14» квітня 2022 року № 0250-VI

2. Строк подання студентом роботи (проєкту) «01» червня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи (проєкту)

3.1 Робоче креслення деталі «муфта П6-ВА4-А.15.09».

3.2 Річний обсяг випуску деталей – 50 шт.

3.3 Базовий технологічний процес виготовлення деталі «муфта П6-ВА4-А.15.09».

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

4.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі

4.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі

4.3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт

4.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

4.5 Вибір способу отримання вихідної заготовки, розроблення технічних вимог на її виготовлення

4.6 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

4.7 Проектування верстатного пристрою для установки заготовки

4.8 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

## 5. Зміст графічної частини (перелік креслень, які потрібно розробити)

5.1 Креслення вихідної заготовки

5.2 Креслення маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі

5.3 Креслення операційного налагодження

5.4 Креслення верстатного пристрою

## 6. Інша конструкторська та технологічна документація

Комплект документів на технологічний процес виготовлення деталі «муфта П6-ВА4-А.15.09»

## 5. Консультанти розділів роботи (проєкту)

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

6. Дата видачі завдання « 08 » 01 2022 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	11.05.2022	
2	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	17.05.2022	
3	Оформлення пояснювальної записки	22.05.2022	
4	Оформлення комплекту технологічної документації	27.05.2022	
5	Оформлення креслень та презентації	30.05.2022	

Студент

(підпис)

**Дмитро КОНОНЧУК**

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проєкту)

(підпис)

**Павло КУШНІРОВ**

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ *Віталій ІВАНОВ*

«\_\_\_\_\_» червня 2022 р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ  
МУФТИ П6-ВА4-А.15.09**

Кваліфікаційна робота (проект) бакалавра  
Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»  
Освітня програма – «Технології машинобудування»

Студент

*Дмитро КОНОНЧУК*

Керівник

*Павло КУШНІРОВ*

Нормоконтроль

*Артем ЄВТУХОВ*

## ЗМІСТ

Вступ .....	5
1 Аналіз службових призначень машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі і умов її експлуатації .....	6
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі «Муфта П6-ВА4-А.15.09» .....	14
3 Визначення типу виробництва і форми організації .....	17
4 Аналіз технологічності конструкції муфти .....	21
5 Вибір способів отримання заготовки та розроблення технічних вимог .....	25
6 Аналіз базового технологічного процесу .....	29
6.1 Розрахунки припусків та допусків на механічну обробку .....	31
6.2 Обґрунтування схеми базування й закріплення муфти .....	33
6.3 Обґрунтування вибору металорізального обладнання .....	40
6.4 Обґрунтування вибору верстатного пристрою, металорізального і вимірювального інструментів .....	42
6.5 Розрахунок режимів різання .....	44
6.6 Технічне нормування двох операцій .....	50
7 Проектування верстатного пристрою для встановлення муфти .....	53
Висновки .....	65
Перелік джерел посилання .....	66
Додаток А – Креслення деталі «Муфта П6-ВА4-А.15.09»	
Додаток Б – Розрахунок припусків на $\varnothing 572H8$	
Додаток В – Специфікація	
Додаток Г – Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	

					ТМЗ 20320386-00 ПЗ			
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування технологічного процесу виготовлення муфти П6-ВА4-А.15.09	Лит.	Лист	Листів
Розроб.	Конончук							68
Перевір.	Кущніров							
Реценз.								
Н. Контр.	Свтухов							
Затв.	Іванов					СумДУ, гр.ТМЗ-83-0с		

## РЕФЕРАТ

Записка: 68 с., 14 рис., 12 табл., 4 додатки, 25 джерел.

Об'єктом розробки є деталь «Муфта П6-ВА4-А.15.09», що входить до складу відцентрового компресора 351ГЦ2.

В кваліфікаційній роботі бакалавра проаналізовано службове призначення виробу «Відцентровий компресор 351ГЦ2» й деталі, а також технічні вимоги і показники якісні технологічності конструкції «Муфти». Розрахували припуски і допуски на механічне оброблення найбільш точного розміру  $\varnothing 572H8$ , обрано спосіб отримання заготовки – поковка на молотах.

Для двох операцій – 055 фрезерної з ЧПК та 065 свердлильної з ЧПК було проведено аналіз й обґрунтування схем базування заготовки. Обґрунтували металорізальне обладнання, технологічні пристрої, різальний та вимірювальний інструмент. Було виконано розрахунок режимів різання для двох операцій 055 та 065, технічне нормування операцій.

Оформлено альбом карт ТА, ВТД, КТП, КЕ технологічного процесу оброблення «Муфти П6-ВА4-А.15.09».

МУФТА, ПОКОВКА, АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, БАЗУВАННЯ, ПРИПУСКИ НА ОБРОБКУ, ПРИСТРІЙ, ІНСТРУМЕНТ, РЕЖИМ РІЗАННЯ, НОРМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ







після вихода із робочого колеса потрапляють саме у дифузор, де і відбувається їхнє наступне гальмування разом із перетворенням їхньої кінетичної енергії у внутрішню енергію. Часткам газу передають кінетичну енергію обертового колеса, при цьому потік газу потрапляє в робочі колеса відцентрового компресора, де гальмується рух частинок газу відносно обертового колеса. Сама ж відцентрова сила надає додаткової кінетичної енергії частинкам робочого тіла й направляє частинки рухатися в радіальному напрямку.

За принципом дії відцентровий компресор можна порівнювати з принципом дії осьового компресора. Є тільки одне істотне розходження, що в відцентрових компресорах потоки повітря входять в робочі колеса уздовж осі двигуна, а в робочих колесах відбувається повертання потоків у радіальному напрямку. Таким чином, в робочих колесах за рахунок відцентрових сил створюються додаткові зростання величини тиску, де додаткову кінетичну енергію можуть отримувати частинки робочого тіла.

Корпус компресора (див. рисунок 1.1) є сталевим кованим циліндром із усмоктувальним й нагнітальними патрубками. Канавки на торцях патрубків виконано під ущільнювальні прокладки, також тут встановлено шпильки для приєднання фланців трубопроводу. Опори приварено до нижньої частини циліндра. Поміж опорами виконано шпонкові пази для фіксації компресора від зсування після центрування із турбіною двигуна. Отвори, що закривають різьовими пробками, передбачено для заповнень й зливів рідин при гідроіспитах. Кінцевими ущільненнями здійснюють герметизацію внутрішніх порожнин проточних частин, що розташовані у центральній ділянці кришок, причому із гумовими ущільнювальними кільцями між кришками та корпусом.

В кришках розміщують функціональні масляні й газові канали, вони мають вихід на зовнішні торці кришок з метою приєднання фланців трубопроводів. Ці сталеві ковані кришки фіксують в корпусі шпильками й розрізними стопорними кільцями.

										Лист
										7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						



Таблиця 1.1 – Технічна характеристика компресора 351ГЦ2

Початковий тиск, у кгс/см <sup>2</sup>	59
Кінцевий тиск, у кгс/см <sup>2</sup>	78
Продуктивність, у млн.ст.м <sup>3</sup> /доб	54
Потужність, у МВт	26,0
ККД, у %	87

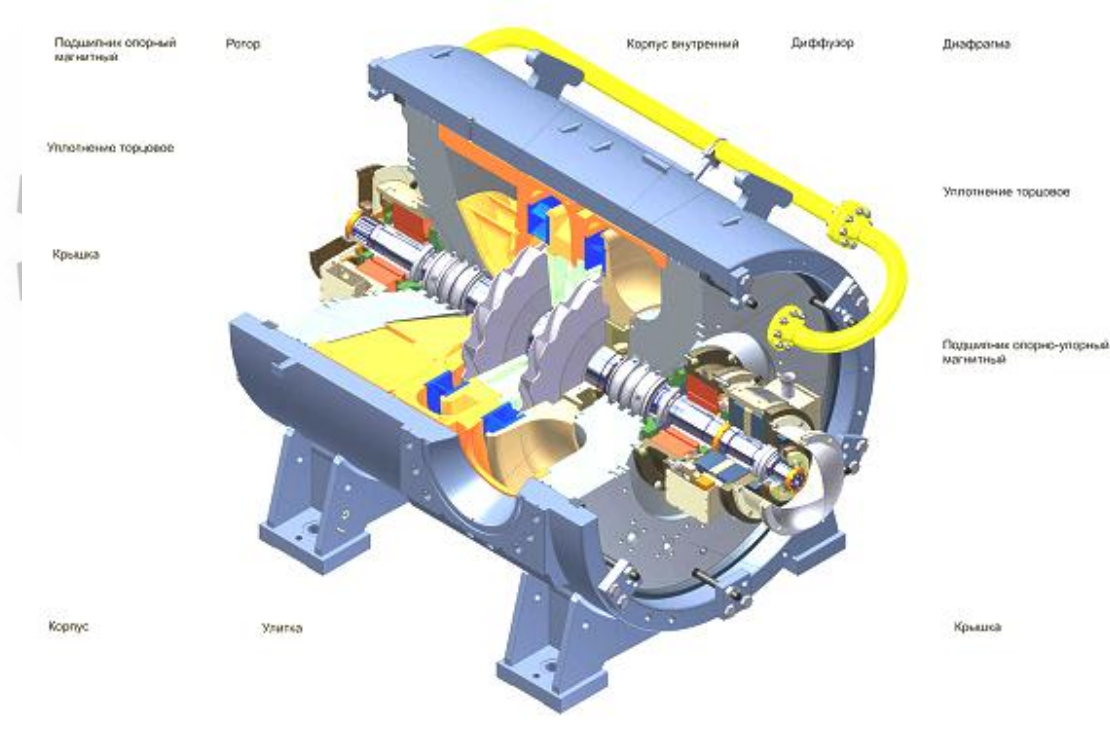


Рисунок 1.2 – Будова відцентрового компресора 351ГЦ2-564/58-76М13

«Муфта П6-ВА4-А.15.09» є однією з важливих деталей вузла, вона потрібна для передавання обертового моменту від валу турбіни до вала

маслостанції. Згідно із складальним кресленням вузла проведемо аналіз базування заданої деталі у вузлі. Муфта базується на проставці по діаметру  $\phi 574H7$  та пазам 110 мм з упором по торцям розточки  $\phi 574H7$ . Деталь з таким базуванням у вузлі позбавлена усіх шести ступенів свободи (див. табл. 1.2 і 1.3).  $\phi 574H7$  полишає двох ступенів свободи (це подвійна опорна база). Торець розточення  $\phi 574H7$  лишає трьох ступенів свободи (це установча база), а одна з бічних поверхонь паза 110 мм лишає однієї ступені свободи (це опорна база).

На рисунку 1.3 показано базування деталі «Муфта П6-ВА4-А.15.09» у виробі.

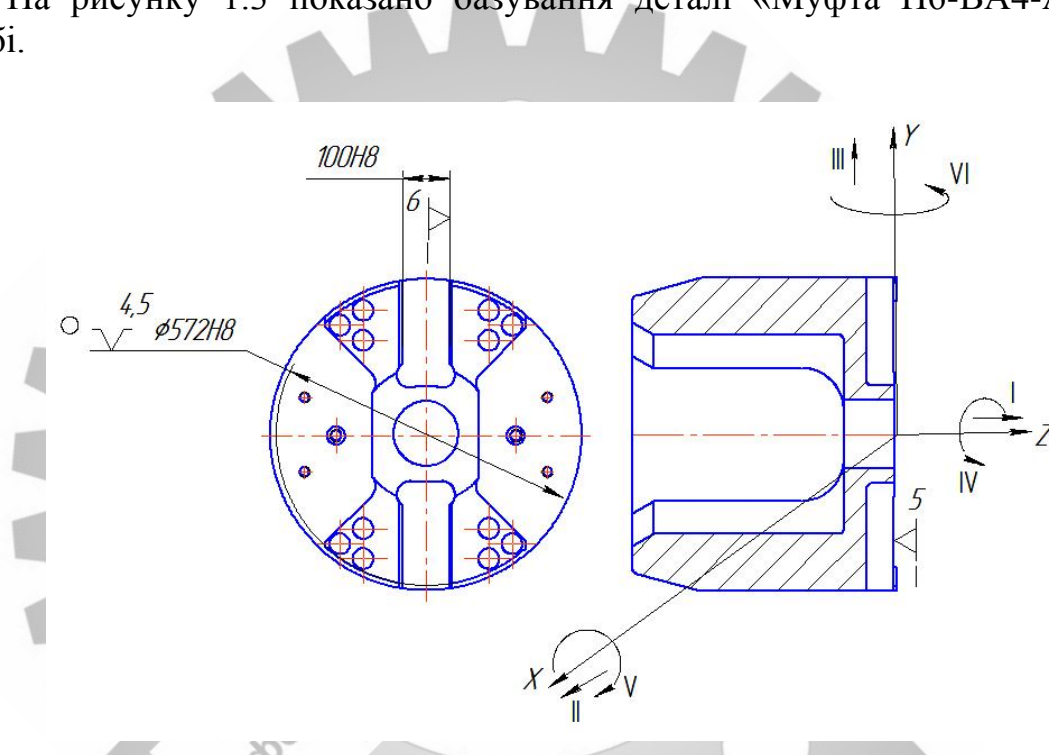


Рисунок 1.3 – Базування деталі «Муфта П6-ВА4-А.15.09»

В таблицях 1.2 та 1.3 надано відповідності та матрицю зв'язків.

Таблиця 1.2 – Таблиця відповідностей

Зв'язок	Ступень свобод	Назва
1, 2, 3	VI, I, V	Установочна база
4, 5	III, II	Подвійно опорна база
6	IV	Опорна база

Таблиця 1.3 – Матриці зв'язків

	X	Y	Z	
<i>l</i>	0	0	1	Установча база
<i>α</i>	1	1	0	
<i>l</i>	1	1	0	
<i>α</i>	0	0	0	Подвійна опорна база
<i>l</i>	0	0	0	Опорна база
<i>α</i>	0	0	1	
	2	2	2	

Проаналізуємо службове призначення поверхонь деталі згідно зі складальним кресленням та рисунком 1.4.

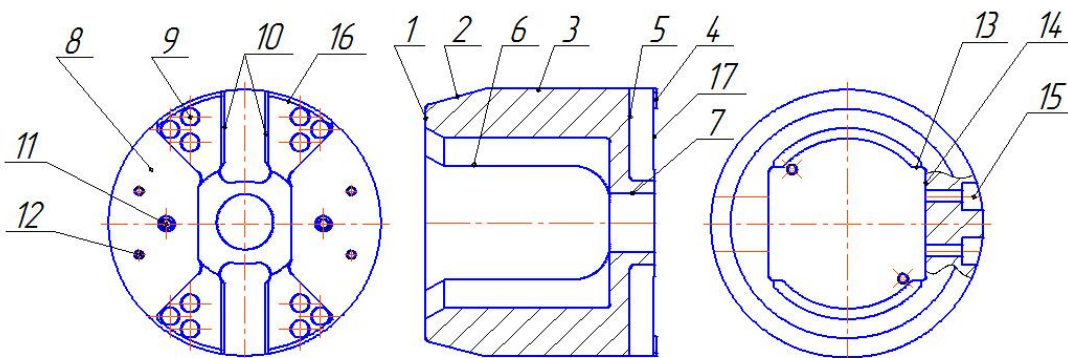


Рисунок 1.4 – Поверхні деталі «Муфта П6-ВА4-А.15.09»

Таблиця 1.4 – Класифікація поверхонь муфти з призначення баз

Вид поверхні	№ поверхні
Основні конструкторські бази	17, 10, 16
Допоміжні конструкторські бази	14, 8, 12, 9, 11, 13, 15
Виконавчі поверхні	10
Вільні поверхні	Всі інші

Деталь «Муфта» використовують в компресорних агрегатах, а саме в маслостанції, де в ході роботи агрегата на муфту діють циклічні знакоперемінні осьові сили, що йдуть від вала турбіни агрегата. Муфту використовують в так

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

званий роторо-муфтовій групі, що працює в закритому приміщенні з робочою температурою від  $-12$  до  $+46^{\circ}\text{C}$ .

Таблиця 1.5 – Поверхоні «Муфти П6-ВА4-А.15.09»

№ по-верх.	Опис та характеристика поверхонь
1	2
1	Вільна поверхня. Розмір 500 мм, шорсткість $Ra=12,5$ мкм (лівий торець муфти)
2	Вільна поверхня. Шорсткість $Ra=12,5$ мкм (зовнішня конічна поверхня, кут $15^{\circ}$ )
3	Вільна поверхня. Шорсткість $Ra=12,5$ мкм (циліндрична поверхня $\varnothing 590$ )
4	Вільна поверхня. Розмір 500 мм з шорсткістю $Ra=12,5$ мкм (правий торець $\varnothing 590/\varnothing 572$ мм)
5	Вільна поверхня. Дно паза, глибина 52 мм, шорсткість $Ra=12,5$ мкм
6	Вільна поверхня. Шорсткість $Ra=12,5$ мкм (центральної отвір $\varnothing 375$ мм, для камери посадочної шийки ротора турбіни)
7	Вільна поверхня. Шорсткість $Ra=12,5$ мкм (центральної отвір $\varnothing 130$ мм, для зменшення маси муфти)
8	Допоміжна конструкторська база. Шорсткість $Ra=12,5$ мкм (торець піднутрення, глибина 52 мм, для установлення транспортувальних рим-болтів)
9	Допоміжна конструкторська база. Шорсткість $Ra=3,2$ мкм (12 отворів М36х2-7Н, що необхідні для базування болтів для стягування вала з проставкою)



## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ

### ДЕТАЛІ «МУФТА П6-ВА4-А.15.09»

Креслення муфти виконане згідно з ЄСКД, воно відповідає діючим стандартам. Вірним є нанесення розмірів і граничних відхилень, шорсткість поверхонь, допуски форми і розташування поверхонь.

Аналіз креслення показав, що наявних проєкцій з перерізами є достатня кількість, вони є правильно розміщеними відповідно з існуючими стандартами.

Деталь «Муфта П6-ВА4-А.15.09» виготовляють із конструкційної легованої сталі 45ХН2МФА за ГОСТом 4543-71. З цієї сталі виготовлюються деталі що працюють з динамічними навантаженнями.

Хімічний склад з механічними властивостями представлено у таблицях 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1– Хімічний склад у відсотках сталі 45ХН2МФА

C	Mn	Si	Cu	Ni	Cr	S	P	Mo	V
0,41 – 0,5	0,50 – 0,8	0,17 – 0,37	до 0,30	1,30 – 1,80	0,80 – 1,10	до 0,025	до 0,025	0,20 – 0,32	0,10 – 0,18

Таблиця 2.2 – Механічні властивості при T=20 °C матеріалу 45ХН2МФА

Сортаменти	$\psi$	$\sigma_T$	Термооброблення	КСУ	$\sigma_B$	$\delta_5$
-	%	МПа	-	кДж / м <sup>2</sup>	МПа	%
Пруток	36	1273	Гартування в маслі 862°C	395	1425	8

Оброблюваність сталі 45ХН2МФА незадовільна, під час лезового оброблення є «налипання» на ріжучі кромки, це пов'язано із в'язкістю. З такої сталі виготовляються клапани, колінчасті вали, кришки шатунів та самі шатуни,



відповідальні болти, кулачкові муфти та шестерні, диски і важконавантажені деталі.

Зменшення шорсткості до  $Ra=3,2$  мкм дозволить зменшувати концентрації напруження від динамічного навантаження.

Точність базових поверхонь складає 8 квалітет, вільних – 14. Виконання по 8 квалітету основних й допоміжних баз є обґрунтованим, оскільки від виконання такої точності поверхонь залежить їхнє взаємне розташування, усунення заклинювання між поверхнями, зменшення величин люфтів.

Також використання цієї сталі для муфти є обґрунтованим у зв'язку з тим, що під час роботи складові деталі вузла підлягають динамічним та циклічним знакозмінним навантаженням, і тому використання більш крихких матеріалів із меншим значенням  $\sigma_T$  є неможливим, бо може призвести до аварії або до деформації контактуючих поверхонь деталі.

Вимога допуску паралельності посадочних поверхонь 110Н8, що не повинен перевищувати 0,02 мм, і допуск симетричності розташування поверхонь муфти відносно бази К, до осі отвору  $\varnothing 574H8$  мм (не більше 0,03 мм). Цією вимогою забезпечують точність розташування поверхонь, по яким базують муфту на проставці. Зрозуміло, що недотримання цих параметрів призводитиме до неможливості складання елементів, а також ці параметри впливатимуть на передавання обертового моменту.

Проаналізуємо технічні вимоги на кресленні «Муфти П6-ВА4-А.15.09».

1. Гр. V-КП592 ГОСТ 8479-79.

Це означає, що поковка групи V із категорією міцності КП592. Хімічний аналіз поковок виконується за ГОСТом 8479-79. Згідно з групою V кожен заготовку необхідно піддавати контролю на 100% на твердість й ультразвуковому контролю, а також випробувати два зразки на розтягування й два зразки на ударну в'язкість з кожної заготовки муфти. Ця вимога говорить про те, що деталь є відповідальною, вона в роботі зазнає великих навантажень та сил. Як результат, такі проведення випробовувань сприятимуть зростанню собівартості і це

										Лист
										15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМЗ 20320386 - 00 ПЗ



### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА І ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ

Коефіцієнт закріплення операцій  $K_{30}$  характеризує тип виробництва. Він дорівнює відношенню всіх технологічних операцій, виконуваних протягом одного місяця до кількості робочих місць на ділянці.

$$K_{30} = \Sigma O_{оп} / \Sigma P_o, \quad (3.1)$$

де  $\Sigma O_{оп}$  – сумарна кількість операцій;

$\Sigma P_o$  – кількість робітників на цих операціях.

Визначимо величину штучно-калькуляційного  $T_{ш-к}$  часу на усіх операціях. Цей час беремо з існуючого технологічного процесу та з розрахунків, заповнюємо таблицю 3.1.

За формулою (3.2) знайдемо розрахункову кількість верстатів:

$$m_{роз} = \frac{N_{річн} \cdot T_{ш-кал}}{60 \times F_d \cdot \eta_{з.н.сер.}}, \quad (3.2)$$

де  $N_{річн}$  – річна програма випусків деталей;

$F_d$  – дійсний річний фонд часу роботи верстатів,  $F_d = 4029$  годин;

$\eta_{з.н.сер.}$  – середній нормативний коефіцієнт завантажень верстатів.

Виконаємо розрахунки необхідної кількості верстатів:

$$m_{роз} = \frac{50 \cdot 147,9}{60 \cdot 4029 \cdot 0,80} = 0,039 \text{ (шт.)}$$

Кількість робочих місць  $P$  беремо шляхом округлення до цілого найближчого числа отриманого значення  $m_{роз}$ :  $P=1$ . Тоді результати розрахунків для усіх інших операцій механічного оброблення приведено в табл. 3.1.

За формулою (3.3) знаходимо фактичний коефіцієнт завантажень обладнання:

					ТМЗ 20320386 - 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17



Знайдене значення коефіцієнту ( $20 < K_{30} < 40$ ) відповідає типу виробництва – дрібносерійному.

Визначимо форму організації виробництва на підприємстві.

Випуск деталей добовий дорівнює:

$$N_{\text{доба}} = \frac{N_{\text{рік}}}{C}, \quad (3.5)$$

де  $C = 254$  днів – це кількість робочих днів за рік.

$$N_{\text{доба}} = \frac{50}{254} = 0,190 \text{ (шт./день).}$$

Визначимо добовий фонд часу роботи обладнання на підприємстві:

$$F_{\text{доба}} = \frac{60 \cdot F_{\text{д.}}}{254}, \quad (3.6)$$

$$F_{\text{доба}} = \frac{60 \cdot 4029}{254} = 951,71 \text{ (хв.)}$$

Визначимо середню трудомісткість механічних операцій:

$$T_{\text{сер.}} = \frac{\sum T_{\text{ш-кал}}}{n}, \quad (3.7)$$

де  $n=5$  – це кількість механічних операцій;

$$T_{\text{сер.}} = \frac{1149,6}{8} = 143,6 \text{ (хв.)}$$

Визначимо добову потужність потокової лінії за її завантаженням на 60%:

$$Q_{\text{доб.}} = \frac{F_{\text{доб.}}}{T_{\text{сер.}}} \cdot 0,6, \quad (3.8)$$

$$Q_{\text{доб.}} = \frac{951,71}{143,6} \cdot 0,6 = 3,97 \text{ (шт.)}$$

Порівнюючи  $N_{\text{доб.}} = 0,2 < Q_{\text{доб.}} = 3,97$  ми бачимо, що добовий випуск деталей є меншим за добову потужність потокової лінії (завантаженні на 60%). Це означає, що використання потокової лінії однономенклатурної є нераціональним, і тому приймемо форму організації праці – групову.

У відповідності до ГОСТу 3.1108-84 коефіцієнт закріплення операцій для дрібносерійного виробництва складає від 20 до 40.

										Лист
										19
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата					ТМЗ 20320386 - 00 ПЗ	

Дрібносерійне виробництво за технологічними й виробничими характеристиками займає положення проміжне – між одиничним виробництвом й середньосерійним.

У дрібносерійному виробництві використовують універсальне обладнання, спеціалізоване та частково спеціальне. Широко використовуються оброблювальні центри та верстати із ЧПК, гнучкі автоматизовані системи верстатів, що пов'язані транспортними механізмами. Також у дрібносерійному виробництві в основному технологічна оснастка універсальна, але в багатьох випадках створюють спеціальні високопродуктивні пристрої, і доцільність їхнього використання повинна бути попередньо обґрунтована техніко-економічними розрахунками. Універсально-збірна та переналагоджувана технологічна оснастка має велике поширення, це дозволяє істотно підвищити коефіцієнт оснащеності. Досягається необхідна точність як методами автоматичного отримання розмірів, так й методами пробних проходів із частковим застосуванням розмітки. Вихідними заготівками є гарячий й холодний прокат, лиття й штампування.

Докладно розробляють технологічну документацію й нормування для найбільш складних та відповідальних заготовок з одночасним застосуванням спрощеної документації, дослідно-статистичним нормуванням найпростіших заготовок.

Знайдемо значення партії запуску:

$$N_{зан} = \frac{A \cdot N_p}{M_p}; \quad (3.9)$$

де  $M_{p0} = 253$ ;

$A$  – це періодичність запуску деталей;

$$n_{зан} = \frac{24,0 \cdot 50}{253} = 4,6, \text{ тоді приймаємо}$$

$$n_{запуск} = 5 \text{ (шт.)}$$

										Лист
										20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

#### 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ МУФТИ

Аналіз технологічності виконуємо згідно з прикладом аналізу [1].

Аналізом технологічності конструкції заданої деталі є комплекс заходів з досягнення необхідного рівня технологічності заданих параметрів виробу. Досягнення максимальної технологічності виробу в цілому та окремої деталі дозволить підвищувати продуктивність праці, знижувати затрати на виробництво, скорочувати час виготовлення при забезпеченні відповідної якості та точності.

Якісні показники технологічності характеризують технологічність конструкції деталі більш загально – на базі досвіду виконавця. До таких якісних показників технологічності відносять: матеріал виготовлення деталі, установлення на верстаті (а саме базування та закріплення заготовки), простановка розмірів на кресленні, допуски розміщення і форми, точність геометричної форми, можливість використання ефективних способів оброблення поверхонь заготовки. При цьому здійснюють аналіз:

- конструкція деталі;
- матеріал деталі;
- конструктивні елементи в відношенні технологічному;
- креслення деталі, а саме правильність проставки розмірів, шорсткості, допусків, тощо;
- способи отримання заготовки;
- можливість використання ефективних режимів різання.

Згідно з ГОСТом 4543-71 хімічний склад і механічні властивості деталі «Муфта» представлено в таблицях 2.1 та 2.2. «Муфта» - типовий представник корпусних деталей, що виготовляється з легованої сталі 45ХН2МФА.

За застосуванням матеріалом 45ХН2МФА необхідно відзначити, що ця сталь задовільно оброблюється, оскільки цей матеріал є в'язким і порівняно твердим. Це дозволяє виконувати лезвійне оброблення із деякими

										Лист
										21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						







- нетехнологічним є виконання глибини закритих отворів, нарізання різей, оскільки ці розміри досить складно контролювати та вимірювати;

- нетехнологічним є виконання глибоких вікон пазів, глибина яких складає 405 мм, оскільки при обробленні можливі відгини інструмента, і відповідно потрібно знизити режими різання з використанням декількох проходів, а це призводить до збільшення собівартості муфти;

- нетехнологічним є виконання паза з радіусом при дні, оскільки для його отримання необхідним є використання спеціальної фрези з відповідним закругленням.

Всі ці ознаки є нетехнологічними, але вони конструктивно необхідні для роботи деталі в вузлі, й отже змінити їх не має жодної можливості.

Поверхні деталі з шорсткістю  $Ra=1,6$  і  $3,2$  мкм потребують при обробці відповідної кількості операцій та переходів, що в результаті відзначатиметься на собівартості деталі та виробу в цілому, а оскільки таких поверхонь досить багато та до того ж вони мають велику розвинену площу, то можна тоді зробити висновок, що за шорсткістю поверхонь муфта є нетехнологічною.

На кресленні конструктором пред'явлено жорсткі вимоги і до форми, і до розміщення базових поверхонь деталі: ці поверхні відіграють роль основних і допоміжних конструкторських баз. Тому для досягнення даних вимог креслення потрібно застосовувати відповідну велику кількість операцій оброблення із використанням таких режимів різання, що дозволятимуть забезпечити ці допуски та необхідну якість поверхонь деталі.

Взагалі та в цілому можна зробити висновок, що деталь є технологічною, хоча і має окремі нетехнологічні елементи. Виконання цих вимог з точності і якості циліндричних та плоских базових поверхонь муфти, для отримання котрих необхідно і забезпечити відповідну кількість переходів при механічному обробленні, пояснюється функціональним призначенням муфти.

										Лист
										24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМЗ 20320386 - 00 ПЗ					

## 5 ВИБІР СПОСОБІВ ОТРИМАННЯ ЗАГОТІВКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ

Методи отримань заготовік в машинобудуванні визначаються технічними вимогами згідно з кресленнями, призначенням й конструкцією самої деталі, матеріалами деталей, масштабом й серійністю випуску деталей, а також економічністю виготовлення [1].

Таким чином методи отримання заготовки, що найбільш доцільні для заданого типу «Муфти», є такі:

- поковка, що кована в підкладних штампах на молотах;
- поковка, що кована на пресах.

Розглянемо отримання заготовки методом вільного кування на молотах. На рисунку 5.1 надано ескіз заготовки, отриманої даним методом. Розрахунки припусків й відхилень розмірів для даного метода наведено в таблиці 5.1 згідно ГОСТ 7829-80.

Знайдемо величину маси заготовки за формулою (5.1):

$$m = \rho \cdot v, \quad (5.1)$$

де  $\rho$  - є густиною матеріала муфти, маємо  $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$ ;

$$m = \left( \frac{3,14 \cdot 61,20^2}{4} \cdot 54,70 - \frac{3,14 \cdot 37,50^2}{4} \right) \cdot 7,85 = 915,1 \text{ (кг)},$$

Розрахуємо величину коефіцієнта використання заготовки:

$$K_3 = \frac{m_{д1}}{m_{з1}} \geq 0,7, \quad (5.2)$$

де  $m_{д1} = 594$  – є масою деталі «Муфта», кг;

$m_{з1} = 915,1$  – є масою заготовки, кг;

0,7 – є рівнем технологічності згідно з ЄСТПІ.

$$K_3 = \frac{594}{915,1} = 0,65$$

$K_3 < 0,7$  – це нетехнологічно і це пояснюється тим, що кована поковка має завжди великі припуски, також припуски під зразки для механічних досліджень,

										Лист
										25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					ТМЗ 20320386 - 00 ПЗ	

а у самої деталі є велика кількість пазів, що значно зменшують кінцеву масу готової деталі.

Таблиця 5.1 – Розрахунки припусків та відхилень розмірів при вільному куванні на молотах у підкладних штампах

Розміри деталі - діаметри та довжина	Основні припуски	Граничні відхилення	Додаткові припуски співвісності	Величина остаточного припуску $2\delta$	Розрахунки розмірів	Остаточні розміри заготовки
500	22	$\pm 5,0$	-	22	$(500+22+25)$	$547\pm 5,0$
$\varnothing 590$	22	$\pm 5,0$	Для основного перерізу	22	$(590+22)$	$\varnothing 612\pm 5,0$
400	22	$\pm 5,0$	-	22	400	$400\pm 5,0$
$\varnothing 375$	14	$\begin{matrix} +6 \\ -2 \end{matrix}$	10	24	$(375-24)$	$\varnothing 351 \begin{matrix} +6 \\ -2 \end{matrix}$

Назначаємо технічні вимоги на виготовлення заготовки.

1. Поковка Гр.V КП 595 ГОСТ 8479-80.
2. Невказані радіуси R10 мм.
3. Невказані уклони  $5^\circ$ .
4. Заусенці не більше 9 мм.
5. Маркувати шифр заказу, марку матеріалу 5Пр-5 ГОСТ 26.008-86.
6. Припуски за ГОСТом 7829-85.

										Лист
										26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМЗ 20320386 - 00 ПЗ



Тоді маємо:

$$S_{\text{заг1}} = \left( \frac{20100}{1000} \cdot 915,1 \cdot 1,20 \cdot 1,22 \cdot 1,30 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \right) - (915,1 - 594,0) \frac{1810}{1000} = 31255 \text{ (грн.)}$$

Проведемо озрахунки для порівняння собівартості заготовки, що отримана куванням на пресах за формулою (5.3), використовуючи інші коефіцієнти:

де  $C_i = 18100$  грн – це базова вартість однієї тони матеріалу, грн.

$Q = 1017$  кг – маса заготовки;

$q = 594,0$  кг – маса готової деталі;

$K_m = 1,20$  - коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу;

$K_{T1} = 1,10$  – коефіцієнт, що враховує точність поковки;

$K_{B1} = 1,0$  - коефіцієнт, що враховує масу поковки;

$K_{C1} = 1,30$  - коефіцієнт, що враховує групу серійності;

$K_H = 1,10$  - коефіцієнт, що враховує групу складності;

$S_{\text{відход}} = 1810$  грн – – є ціною однієї тони відходів,

$$S_{\text{заг2}} = \left( \frac{18100}{1000} \cdot 1017 \cdot 1,1 \cdot 1,20 \cdot 1,30 \cdot 1,10 \cdot 1,0 \right) - (1015 - 594,0) \frac{1810}{1000} = 33724 \text{ (грн.)}$$

Тоді величина річної економії одного способу одержання заготовки у порівнянні з іншим:

$$E = (S_{\text{заг1}} - S_{\text{заг.2}}) \cdot N = (33724 - 31255) \cdot 50 = 123450 \text{ (грн.)}$$

Таким чином, заготовку будемо отримувати методом кування на молотах, оскільки цим способом ми будемо отримувати заготовку більш ущільнену і зміцнену, а також більш дешеву.

## 6 АНАЛІЗ БАЗОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Розглянемо заводський базовий технологічний процес виготовлення «Муфти». В цьому базовому технологічному процесі заготівка – це поковка, що кована на молотах. Існуючий технологічний процес містить досить великі переліки металорізального обладнання, що використано на підприємстві.

Технологічний процес розглянемо більш детально в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Існуючий технологічний процес виготовлення муфти

№ операц.	Найменування операц.	Зміст операц.	Базування	Обладнання, верстат
1	2	3	4	5
005	Оброблення тиском	Кування на молотах		Молота
015	Термічне оброблення	Зменшення та розподілення зерен, зняття внутрішніх напружень		Термічна піч
020	Технічний контроль	Перевірка розмірів		Стіл ВТК
025	Токарна-карусельна	Чорнове оброблення під ультразвуковий контроль	На підкладних кулачках	Мод. 1514
030	Технічний контроль	Контроль ультразвуковий		Стіл ВТК
040	Токарна-карусельна	Відрізування кільців із зразками	На підкладних кулачках	Мод. 1514





## 6.1 Розрахунки припусків та допусків на механічну обробку

За методикою професора Кована В.М. виконаєм розрахунки припусків та допусків на оброблення зовнішньої поверхні  $\varnothing 572H8$ .

Розрахунки здійснюємо по програмі «Припуск» на ЕОМ, результат відображено у додатку А.

Розрахункова формула (6.1) для знаходження припусків циліндричної поверхні  $\varnothing 572H8$  виглядає наступним чином:

$$2z_{\min 1} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \cdot, \quad (6.1)$$

де  $R_{z_{i-1}}$  – значення мікронерівностей на поверхні, що була отримана на попередній операції або на попередньому переході;

$T_{i-1}$  – значення глибини дефектного шару, що було отримана на попередній операції або на попередньому переході;

$\rho_{i-1}$  – значення просторового відхилення форми поверхні, що було отримана на попередній операції або на попередньому переході;

$\varepsilon_i$  – значення похибки на виконуваний операції або на переході.

Дані показники – це величини табличні, окрім  $\rho_{i-1}$ , що розраховують для поковки за формулою:

$$\rho_{заз} = \sqrt{\rho_{екс3}^2 + \rho_{см3}^2} = \sqrt{2,10^2 + 3,60^2} = 4,10 \text{ (мм)},$$

при цьому  $\rho_{i-1}$  знаходять у відсотковому відношенні від знайденого  $\rho_{заз}$  :

$$\rho_{черн} = \rho_{заз} k_y,$$

де коефіцієнт уточнення  $k_y = (0,04-0,06)$  в залежності від операції або від переходу.

Знайдемо для кожного з переходів оброблення:

$$\rho_{чер} = 4100 \cdot 0,060 = 247 \text{ (мкм)}.$$

$$\rho_{напів/ч} = 4100 \cdot 0,050 = 204 \text{ (мкм)}.$$

$$\rho_{чир} = 4100 \cdot 0,040 = 166 \text{ (мкм)}.$$

										Лист
										31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Вихідні данні для розрахунків припусків на ЕОМ на оброблення зовнішньої поверхні  $\phi 572H8$  приведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Вихідні данні на оброблення поверхні  $\phi 572H8$

Найменування переходу, операції	Точність	Граничні відхилення	Елементи припуска, мкм				
			$R_z$	T	$\rho$	$\epsilon_6$	$\epsilon_y$
Поковка	T3	$\pm 5,0$	500	500	4100		-
Точіння чорнове	Кваліт. 14	+1,750	250	250	247	120	500
Точіння напівчистове	Кваліт. 10	+0,280	120	120	204	50	150
Точіння чистове	Кваліт. 8	+0,101	40	40	166	30	40

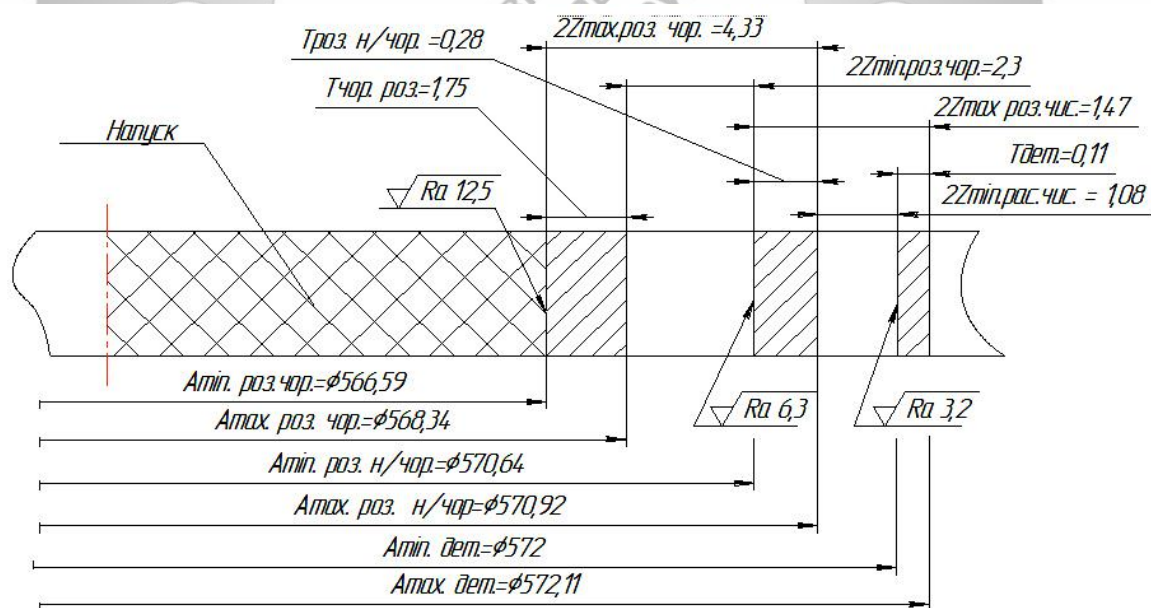


Рисунок 6.1 – Схема розміщення припусків та допусків на оброблення поверхні  $\phi 572H8$

## 6.2 Обґрунтування схеми базування й закріплення муфти

Будемо розглядати дві технологічні операції: 055 фрезерну із ЧПК й 065 свердлильну із ЧПК.

Операція фрезерна з ЧПК 055.

На операції 055 з одного установка виконують оброблення чотирьох пазів на торці. Заготівка є попередньо обробленою на токарній операції чистовим оброблення і на горизонтально-розточувальній операції виконано вікна 345H9x255H9 також згідно із вимогами робочого креслення деталі. Відповідно необхідно з орієнтувати вже існуючі пази відносно оброблюваних. Найбільшим доцільним є базування заготовки на оправці з упиранням по торцю та орієнтацією за пазом, при цьому заготівка лишатиметься 6 степенів свобод (установлювальна, подвійна опорна й опорна база). Схему базування за цим варіантом зображено на рис. 6.2.

Величина похибки базування по глибині пазів 110H8 для розміру 52 дорівнюватиме допуску на розмір, що з'єднуватиме технологічну і вимірювальну базу, а саме допуску на розміри відповідно 550 та 5 мм.

Тоді маємо  $E_{52} = T_{550} + T_5 = 1,550 + 0,30 = 1,850$  мм, що більше допуску на виконуваний розмір  $E_{52} = 1,850 \geq T_{52} = 0,740$  мм, тому при обробленні можлива поява браку.

Величина похибки базування на глибину пазів з кутом  $45^\circ$  для розміру 64 дорівнюватиме допуску на розмір, що з'єднуватиме технологічну й вимірювальну базу, а саме допуску на розміри 550, 5 та 1 мм, тоді  $E_{64} = T_{550} + T_5 + T_1 = 1,550 + 0,30 + 0,250 = 2,10$  мм, що є більшим допуску на виконуваний розмір  $E_{64} = 2,10 \geq T_{64} = 0,740$  мм, тому при обробленні можлива поява браку.

З метою усунення браку при виконанні величин глибин даних пазів муфти необхідно прив'язати «ноль» верстата до торця вже розточеного піднутрення муфти глибиною 5 мм, тоді величина похибки базування для розмірів, 52 і 64 мм

						ТМЗ 20320386 - 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			33

буде дорівнюватиме  $E_{52}=0$ , а  $E_{64}=T_1=0,250$  мм, що є меншим величини допуску на виконуваний розмір.

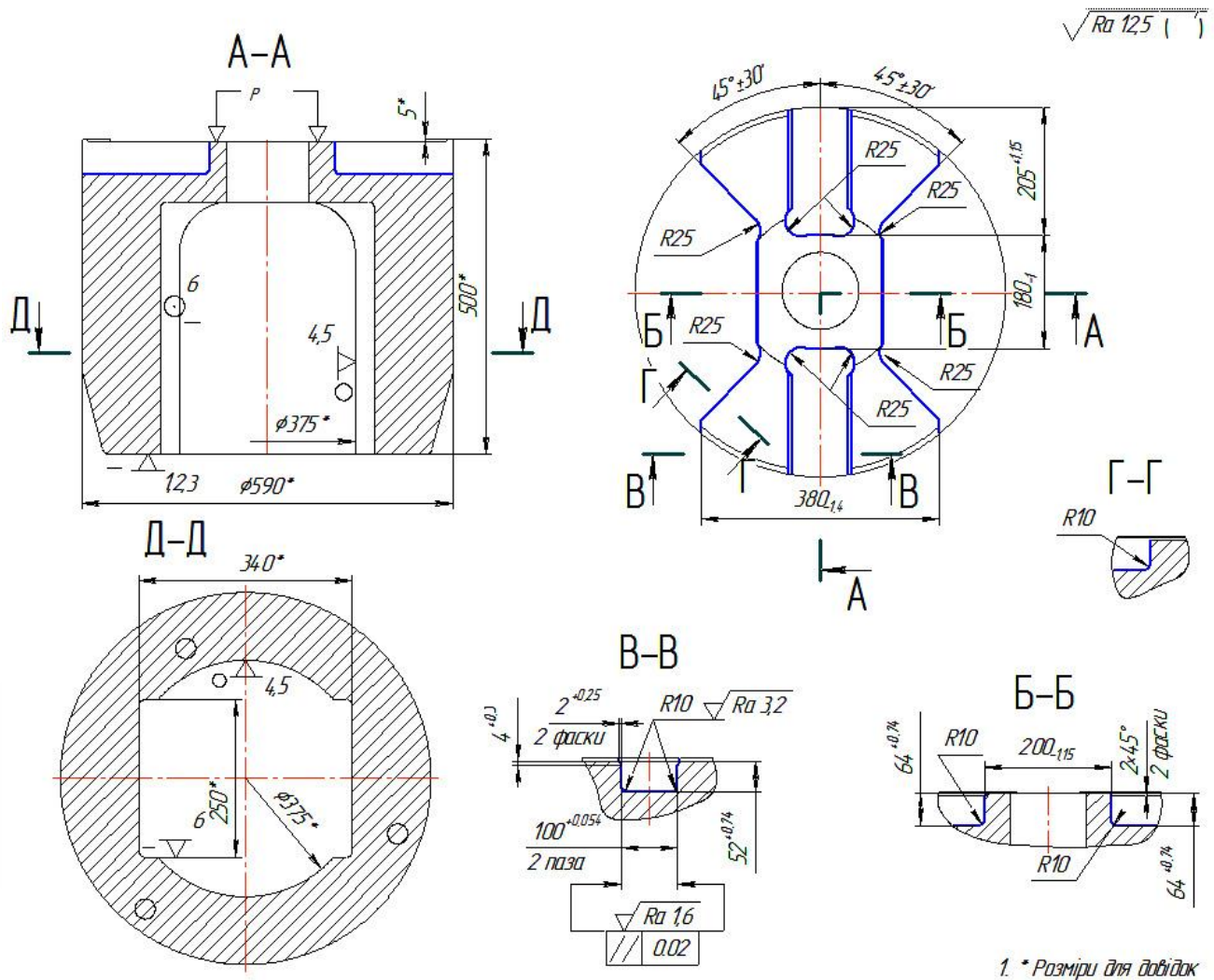


Рисунок 6.2 – Схема базування на оправці, операція 055

Величина похибки базування на розташування симетричних лінійних розмірів, таких як 200, 380, 205, 180 мм буде знаходитися як для посадки із зазором на оправці за формулою (6.2):

$$E_1 = TA_1 + TB + 2\Delta_1 \quad (6.2)$$

де  $TA_1 = 0,10$  мм – це допуск розміру базової поверхні  $\phi 375^{(+0,30/+0,20)}$  мм;

$TB = 0,150$  мм – допуск розміру базової оправки  $\phi 375^{(+0,15)}$  мм;

					Лист
					ТМЗ 20320386 - 00 ПЗ
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	34

$2\Delta_1 = 0,05 \cdot 2 = 0,10$  мм - подвійний мінімальний зазор в посадці заготовки на оправці.

$E_{\text{поз}} = 0,10 + 0,150 + 0,10 = 0,350$  мм, що є меншим допуска на виконувани розміри.

Величина похибки базування для розміру 110Н8 буде дорівнювати похибки позиціювання верстата,  $E_{110} = E_{\text{поз}} = \pm 0,010 = 0,020$  мм, що є меншим допуска на виконуваний розмір  $E_{110} = E_{\text{поз}} = 0,02 < T_{110} = 0,0540$  мм.

При базуванні заготовки за зовнішньою поверхнею  $\varnothing 590$  за допомогою трикулачкового патрона, ця схема передбачатиме встановлювальну і подвійну опорну бази, завдяки чому на операції заготовку буде лишено п'яти степенів свобод, при цьому вакантним залишаться лише один зв'язок – обертання навколо осі, див. рисунок 6.3. Базування та закріплення в трикулачковому патроні дозволить відцентрувати заготовку. Ця схема не передбачатиме орієнтацію існуючих вікон щодо оброблюваних пазів муфти, оскільки для цього потрібно застосувати розміточну операцію для виставлення і прив'язування верстата до закріпленої заготовки.

Величина похибки базування з глибини пазів, для розмірів 52 і 64 мм, буде аналогічною до попередньої схеми.

Величина похибки базування для лінійних розмірів 205, 380, 200, 180 мм дорівнюватиме нулю, оскільки заготовка в патроні буде самовідцентрована,  $E = 0$ .

Розташування поверхонь, що оброблюються, відносно вже існуючих, буде залежати від точності розмічання напрямних, а також від точності прив'язування верстата за даними рисками.

З розглянутих двох схем базування обираємо перший варіант, а саме базування на оправці, оскільки ця схема дозволяє збазувати заготовку без виставлення і уникнути операції розмітки. Використання ж трикулачкового патрона потребує використання верстатів з більшим робочим простором,

						ТМЗ 20320386 - 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			35

необхідного для закріплення патрону, що не є технологічним і призводить до збільшення собівартості муфти.

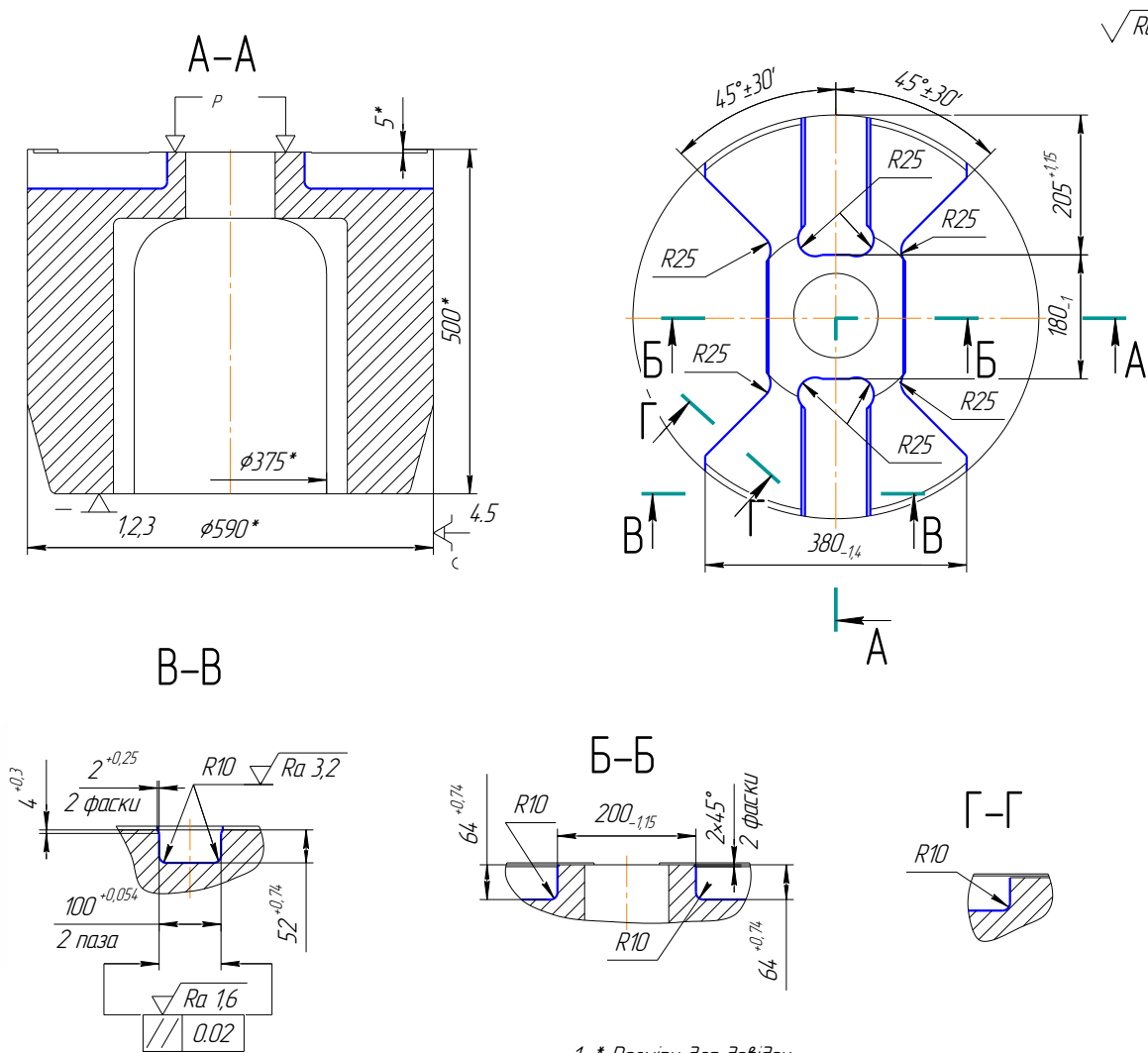


Рисунок 6.3 – Схема базування в патроні на операції 055

Операція свердлильна із ЧПК 065.

На 065 операції на двох установках виконується оброблення «два рази по чотири пази» отворів  $\varnothing 26/\varnothing 60$  мм.

Базування заготовки на оправці  $340,0 \times 250,0$  мм (це місця під сухарі) дозволить лишити заготовку шести степенів свобод. За таким базуванням реалізуються встановча, напрямна і опорна бази, при цьому заготовку буде зорієнтовано відносно вже існуючих поверхонь, див. рис. 6.4.

					ТМЗ 20320386 - 00 ПЗ	Лист 36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

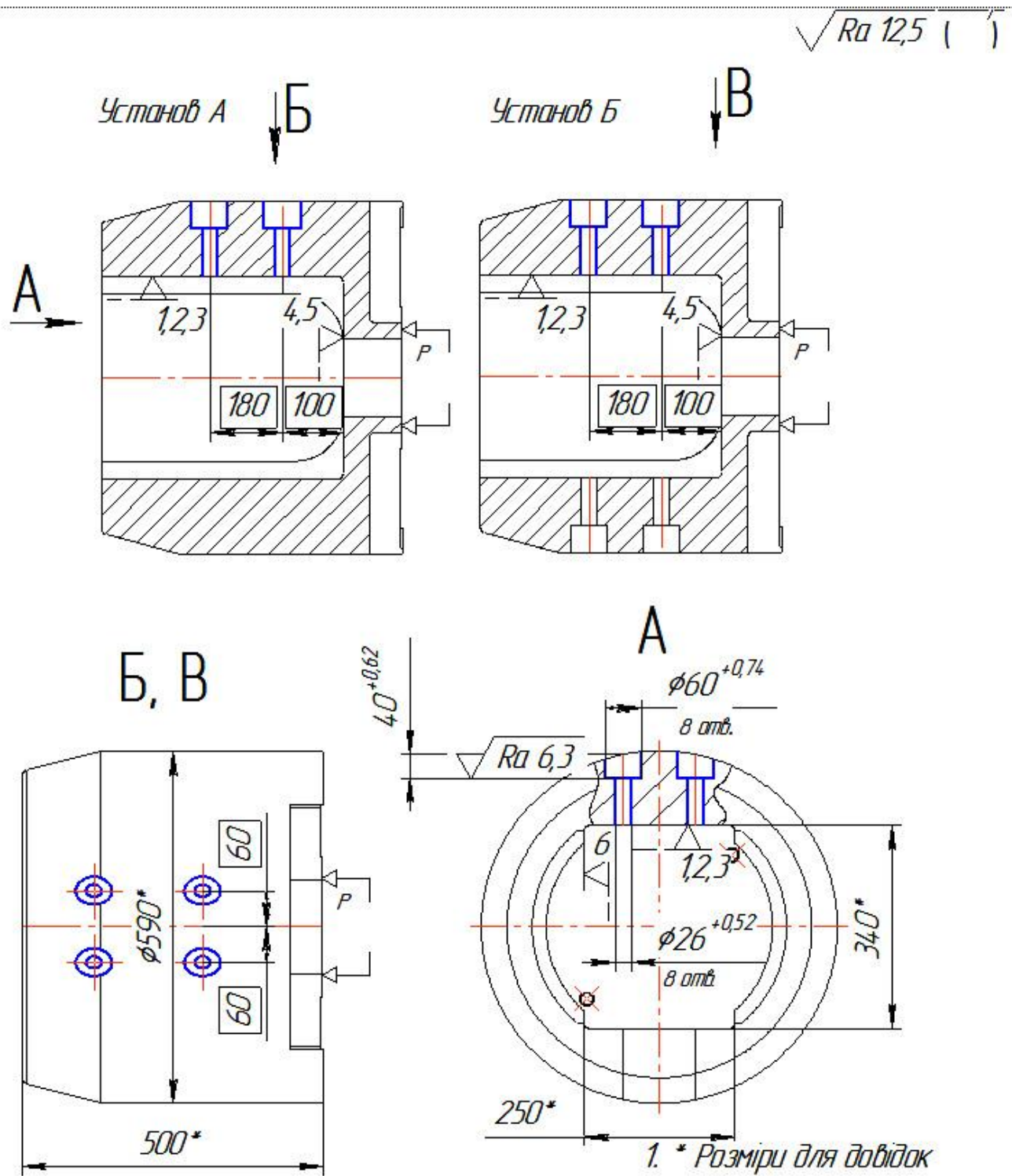


Рисунок 6.4 – Схема базування на оправці на 065 операції

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Величина похибки базування для розміру 100 мм дорівнюватиме нулю, оскільки співпадатиме вимірювальна й технологічна база, маємо  $E=0$ .

Величина похибки базування для розміру 180 мм дорівнюватиме похибці позиціонування верстата,  $E=E_{\text{поз}}=\pm 0,010=0,020$  мм, що є меншим за допуск на виконуваний розмір  $E_{180}=E_{\text{поз}}=0,020 < T_{180}=1,0$  мм.

Величина похибки базування для розміра 60 мм (це розташування осей отворів відносно вісі заготівки) дорівнюватиме виразу (6.2):

$$E_1 = TA_1 + TB + 2\Delta_1$$

де  $TA_1 = 0,1150$  мм – допуск розміру базової поверхні 250H9( $^{+0,115}$ ) мм;

$TB = 0,0720$  мм – допуск розміру оправки 250f8( $^{-0,056}_{-0,122}$ ) мм;

$2\Delta_1 = 0,0560 \cdot 2 = 0,112$  мм – це подвійний мінімальний зазор посадки заготівки на посадочну оправку.

$E_{\text{поз}} = 0,1150 + 0,0720 + 0,112 = 0,299$  мм, що є меншим за допуск позиціонування  $E = 0,299 < E_{\text{поз}} = 0,60$  мм.

Величина похибки базування для діаметрального розміра  $\varnothing 26$  дорівнюватиме нулю, тобто  $E_{26} = 0$ .

Величина похибки базування для діаметрального розміра  $\varnothing 60$  дорівнюватиме нулю,  $E_{60} = E_{\text{поз}} = 0,020$  мм, що є меншим за допуск на виконуваний розмір  $E_{60} = 0,02 < T_{60} = 0,740$  мм.

Величина похибки базування на глибину отворів  $\varnothing 26$  розглядати не будемо, оскільки отвір виконано на прохід згідно з кресленням.

Розглянемо базування муфти в призмах з упиранням по торцю, див. рис. 6.5. Ця схема передбачатиме подвійну напрямну й опорну базу. Заготівку не буде зорієнтовано відносно вже існуючих поверхонь, що є неприпустимим.

Величина похибки базування для розміру 100 мм дорівнюватиме допуску на розмір, що з'єднує технологічну й вимірювальну бази, тобто на розмір  $400^{+1,40}$ , що є більшим за допуск на виконуваний розмір  $E = T_{400} = 1,40$  мм  $\geq T_{100} = 0,870$  мм, тому при обробленні можливим є поява брака.

					ТМЗ 20320386 - 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38



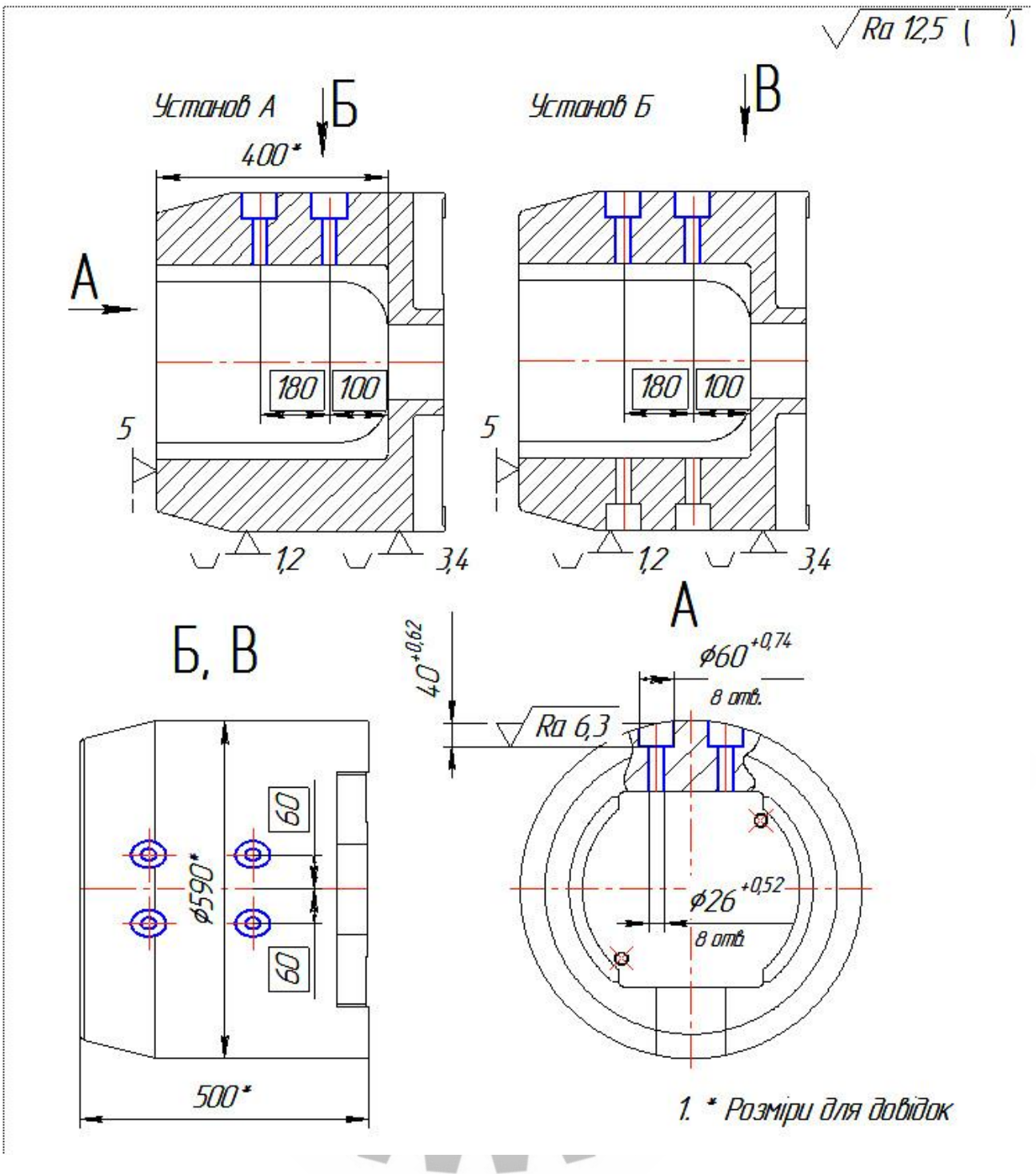


Рисунок 6.5 – Базування на в призмах на 065 операції

Величина похибки базування для розміра 180 мм дорівнюватиме похибці позиціонування верстата і величині допуску на розмір 400,  $e = e_{\text{поз}} + T_{400} = 1,40 + 0,01 = 1,410$  мм, що є більшим за допуск на виконуваний розмір  $e = 1,410 \geq T_{180} = 1,00$  мм, тобто можливим є брак при обробленні.

									Лист
									39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМЗ 20320386 - 00 ПЗ				





- за типом виробництва: у дрібносерійному типі виробництв перевагу віддаємо універсальному устаткуванню із ЧПУ, саме таким обладнанням і є верстат обраної моделі.

Розглянемо основні технічні характеристики верстата мод. 2554Ф2:

- кількість подач столу верстата:
  - поздовжні і поперечні – 1,0-2000 мм/хв.;
  - вертикальні – 1,0-2000 мм/хв.;
- конус внутрішній шпинделю – 50;
- розміри робочої поверхні стола верстата - 1700x860 мм;
- частоти обертань шпинделя – 12-2000 об/хв.;
- найбільші переміщення стола верстата:
  - поздовжні - 1000 мм;
  - поперечні – 800 мм;
- кількість швидкостей шпинделя – безступінчасте;
- потужність електродвигуну головного привода – 5,50 кВт.

#### 6.4 Обґрунтування вибору верстатного пристрою, металорізального і вимірювального інструментів

Обґрунтування оснастки проведемо згідно з [9].

Фрезерна з ЧПК операція 055.

Для оброблення пазів будемо застосовувати пристрої та інструменти:

- оправка спеціальна для муфти,
- прихвати з ГОСТу 4734-89, системи УСП – універсально-складальні пристрої;
- оправка 6102-0314 ГОСТ 13598-86 – це оправка перехідна із конусом Морзе 3 на конус Морзе 5, вона необхідна для установлення різального інструмента в шпинделі верстата;

										Лист
										42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					ТМЗ 20320386 - 00 ПЗ	



- свердло 2301-3757 Р6М5 ГОСТ 10903-79 – це спіральне свердло  $\varnothing 60$  мм із конічним хвостовиком для оброблення отвору  $\varnothing 60$ ;
- втулка 6101-0308 ГОСТ 13598-86, вона необхідна для базування свердла у шпінделі верстату;
- цеківка 2358-0756 Р6М5 ГОСТ 26259-88 – цеківка насадна  $\varnothing 60$ ;
- штангенциркулі типу ШЦ-I-125-0,1 і ШЦ-III-400-0,1 за ГОСТом 166-89.
- зразки шорсткості за ГОСТом 3789-83.

### 6.5 Розрахунок режимів різання

Розрахунки виконано згідно з джерелом [7].

Фрезерна з ЧПК операція 055.

Вихідним даними є: фрезерування пазу; вид фрези – кінцева; обробний матеріал – сталь 45ХН2МФА за ГОСТом 4543-71. Спосіб одержання заготовки – кування на молотах, оброблення чорнове, фрезою з сталі Р6М5; верстат мод. 6560Ф3, пристрій спеціальний; вимірювальний інструмент – універсальний штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 за ГОСТом 166-89.

Зробимо аналітичний розрахунок для попереднього фрезерування паза заготовки. Глибина різання дорівнюватиме  $t=15$  мм. Шириною фрезерування є  $B=40,0$  мм.

Знайдемо подачу на зуб фрези  $S_z$ . Для оброблення сталі фрезою із матеріалом частини ВК8, приймаємо величину подачі  $S_z=0,080$  мм/зуб.

Знайдемо швидкість різання за формулою (6.3):

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot t^{x^2} \cdot S_z^{y^2} \cdot B^u \cdot z^{p^2}} K_v, \quad (6.3)$$

де  $C_v=46,8$ ,  $y=0,5$ ,  $g=0,45$ ,  $x=0,50$ ,  $m=0,33$ ,  $u=0,1$ ,  $p=0,10$  – це коефіцієнти й показники формули швидкості різання;

$D=40,0$  - діаметр фрези, мм;

$T=60,0$  - стійкість різального інструмента, хвилин;

										Лист
										44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

$K_V$  – це коефіцієнт поправочний на швидкість різання, він враховує фактичні умови різання й визначається за формулою (6.4):

$$K_V = K_{MV} K_{IV} K_{IV}, \quad (6.4)$$

де  $K_{MV}$  - це коефіцієнт поправочний, він враховує вплив фізико-механічних властивостей матеріалу обробки;

$K_{IV} = 1,0$  - це коефіцієнт поправочний, він враховує стан поверхонь заготовки;

$K_{IV} = 1,0$  - це коефіцієнт поправочний, що враховує вплив інструментальних матеріалів на швидкість різання.

Коефіцієнт  $K_{MV}$  розрахуємо за формулою (6.5):

$$K_{MV} = K_r (755/\sigma_B)^{n_{v2}}, \quad (6.5)$$

де  $K_r = 0,80$  – коефіцієнт, що враховує групу сталі;

$n_{v2} = 0,90$  – показник ступені [7].

Тоді маємо:

$$K_{MV} = 0,80 \cdot (755/1180)^{0,90} = 0,51.$$

$$K_V = 1,0 \cdot 0,51 \cdot 1,0 = 0,51.$$

З урахуванням поправкових коефіцієнтів визначим швидкість різання:

$$V = \frac{46,6 \cdot 40^{0,45}}{60^{0,33} \cdot 15^{0,50} \cdot 0,08^{0,50} \cdot 40^{0,10} \cdot 6^{0,10}} \cdot 0,51 = 42,8 \text{ (м/хв.)}$$

Визначаємо величину частоти обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 42,8}{3,14 \cdot 40,0} = 341 \text{ (об/хв.)}$$

Скорегуємо частоту обертань шпинделя за паспортом верстата  $n=350$  об/хв., оскільки безступінчата коробка швидкостей. Тоді з урахуванням прийнятого значення частоти швидкість різання визначимо так:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40,0 \cdot 350}{1000} = 43,8 \text{ (м/хв.)}$$

Визначимо величину сили різання за формулою (6.6):

$$P_z = \frac{10 C_p t^{x2} S_z^{y2} B^n z}{D^{g2} n^{w2}} K_{mp}, \quad (6.6)$$

										Лист
										45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						







Стійкість різального інструмента  $T=22$  хв.

Знаходим швидкість різання за формулою (6.9)

$$V = \frac{C_v D^g}{T^m S^y} K_v, \quad (6.9)$$

де  $C_v=7,0$ ,  $m=0,20$ ,  $g=0,40$ ,  $y=0,70$  – це коефіцієнти й показники в формулі швидкості різання [7];

$K_v$  – це поправочний коефіцієнт швидкості різання, він враховує фактичні умови різання й знаходиться за формулою (6.10):

$$K_v = K_{mv} K_{lv} K_{lv}, \quad (6.10)$$

де  $K_{lv} = 0,90$  – це поправочний коефіцієнт, він враховує дію інструментальних матеріалів [7];

$K_{lv} = 1,0$  – це поправочний коефіцієнт, він враховує поверхні заготівки [7];

$K_{mv}$  – це поправочний коефіцієнт, він враховує вплив фізико-механічних властивостей матеріалу обробки.

Коефіцієнт  $K_{mv}$  розрахуємо за формулою (6.11):

$$K_{MV} = K_r (755/\sigma_B)^{n_{v2}}, \quad (6.11)$$

де  $K_r = 0,70$  – коефіцієнт, він враховує групу сталі [7];

$n_{v2} = 0,90$  – це показник степені [7].

Тоді маємо:

$$K_{MV} = 0,70 \cdot (755/1185)^{0,90} = 0,45.$$

$$K_v = 0,45 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 0,40.$$

З урахуванням цих показників знаходимо швидкість різання:

$$V = \frac{7,0 \cdot 15^{0,40}}{20^{0,20} \cdot 0,14^{0,70}} \cdot 0,40 = 17,7 \text{ (м/хв.)}$$

Знайдемо частоту обертання шпинделя:

$$n_{ш} = \frac{1000V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 17,7}{3,14 \cdot 15,0} = 378,2 \text{ (об/хв.)}$$

										Лист
										48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Зкоректуємо значення кількості обертань шпинделя за паспортними даними:

$$n_{np} = 378 \text{ об/хв.}$$

З урахуваннями прийнятих значень розрахуємо фактичну швидкість різання:

$$V\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 15,0 \cdot 378}{1000} = 17,8 \text{ (м/хв.)}$$

Знаходимо величину крутного моменту за формулою (6.12):

$$M_{кр} = 10 C_{m2} D^{q2} S^{y2} K_{p2}, \quad (6.12)$$

де  $C_m = 0,042$ ,  $q = 2,0$ ,  $y = 0,70$  – коефіцієнти та показники в формулі [7];

$K_p$  – поправочний коефіцієнт враховуючий вплив оброблюємого матеріалу [7];

$$K_{p2} = (\sigma_B / 755)^n, \quad (6.13)$$

де  $n = 0,30$  – це показник згідно з [7].

$$K_{p2} = (\sigma_B / 755)^n = (1420 / 755)^{0,30} = 1,20.$$

Тоді з урахуванням поправочних коефіцієнтів будемо мати:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,042 \cdot 15^{2,0} \cdot 0,14^{0,70} \cdot 1,20 = 28,6 \text{ (Нм)}.$$

Знаходимо величину осьової сили за формулою (6.14):

$$P_o = C_p D^{q2} S^{y2} K_p, \quad (6.14)$$

де  $C_p = 142$ ,  $q = 1,0$ ,  $y = 0,70$  – це коефіцієнти й показники сил різання [7].

$$P_o = 142 \cdot 15^{1,0} \cdot 0,14^{0,70} \cdot 1,10 = 543 \text{ (Н)}.$$

Знаходимо потужність, що необхідна для оброблення:

$$N = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{28,6 \cdot 375}{9750} = 1,2 \text{ (кВт)}.$$

Оскільки потужність різання є меншою за потужність верстата, то з урахуванням ККД ( $1,2 < 5,50 \cdot 0,85 = 4,7$  кВт) маємо, що оброблення можливе.

					ТМЗ 20320386 - 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Розрахуємо величину основного часу за формулою (6.15):

$$T_o = \frac{L}{S_M} i \quad (6.15)$$

де  $L = 132 + 4,0 = 136$  (мм) - це довжина оброблення з урахуванням врізання;

$i = 1$  - це кількість проходів;

$n = 375$  об/хв. - це частота обертів шпинделя;

$S = 0,140$  мм/об. - це величина подачі.

Тоді:

$$T_o = \frac{136}{375 \cdot 0,140} \cdot 1 = 2,50 \text{ (хв.)}$$

Таблиця 6.3 – Параметри режимів оброблення

Номер, зміст перехода	Параметри режимів оброблення					L, мм	T <sub>o</sub> , хв.	Вид режима
	t, мм	S, мм/об.	n, об/хв.	V, м/хв.	i			
Центрування ø6	3	0,10	580	19,80	1	15	0,2	табличний
Свердління ø15	7,5	0,120	345	17,80	1	34	2,4	аналітичний
Розсвердлення ø26	5,5	0,160	220	20,40	1	35	3,5	табличний
Розсвердлення ø40	7	0,15	200	25,20	1	45	1,2	табличний
Розсвердлення ø60	10	0,15	125	28,10	1	48	1,7	табличний
Цекування торця	16	0,15	1250	28,10	1	15	0,4	табличний
Всього							9,4	x8=76,4

## 6.6 Технічне нормування двох операцій

Фрезерна з ЧПК (операція 055).

Визначимо величину допоміжного часу за формулою (6.16):

$$T_{до} = T_{устан} + T_{упр} + T_{вимір}, \quad (6.16)$$

де  $T_{устан} = 5,2$  хв - час, потрібний на установлення та зняття заготовки;

									Лист
									50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$T_{\text{упр}} = 6,0$  - допоміжний час, потрібний на управління верстата;

$T_{\text{вимір}} = 1,8$  хв - час, потрібний на вимірювання.

$$T_{\text{до}} = 5,2 + 6,0 + 1,8 = 13,0 \text{ (хв.)}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{\text{опер}} = T_{\text{ос}} + T_{\text{до}}, \quad (6.17)$$

$$T_{\text{опер}} = 119,6 + 13,0 = 132,6 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину додаткового часу, який складається із часу, потрібного на обслуговування, та часу, потрібного на відпочинок (беремо у відсотках від оперативного часу):

$$T_{\text{до}} = T_{\text{опер}} \cdot 7\% = 132,6 \cdot 0,07 = 9,24 \text{ (хв.)}$$

Далі визначимо штучний час за формулою (6.18):

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{опер}} + T_{\text{до}}, \quad (6.18)$$

$$T_{\text{шт}} = 132,6 + 9,24 = 141,84 \text{ (хв.)}$$

Визначаємо величину штучно-калькуляційного часу за формулою (6.19):

$$T_{\text{шт-кал}} = T_{\text{п.закл}} + \frac{T_{\text{п.закл}}}{N}, \quad (6.19)$$

де  $T_{\text{п.закл}} = 25$  хв. – це величина підготовчо-заключного часу, що складається із такого часу: отримання креслення й наряду, ознайомлення з роботою й робочим кресленням, інструктаж майстра на робочому місці, настройка пристрою подачі ЗОР та ін.;

$N = 5$  шт. – це кількість деталей у партії запуску.

$$T_{\text{шт-кал}} = 141,84 + 25/5 = 146,8 \text{ (хв.)}$$

Свердлильна з ЧПК (операція 065).

Визначимо допоміжний час за формулою (6.20):

										Лист
										51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

$$T_{до} = T_{уст1} + T_{уст2} + T_{упр} + T_{вимір}, \quad (6.20)$$

де  $T_{уст} = 2(5,50+5,02)=21,04$  (хв.) - час, потрібний на установлення й зняття заготовки;

$T_{упр} = 1,6$  хв.- допоміжний час, потрібний на управління верстатом;

$T_{вимір} = 0,9$  хв. - час, потрібний на вимірювання деталі.

$$T_{до}=21,04+1,6+0,90 = 23,54 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину оперативного часу:

$$T_{опер} = T_{осн} + T_{до}, \quad (6.21)$$

$$T_{опер} = 23,54 + 75,20 = 98,74 \text{ (хв.)}$$

Визначмо величину додаткового часу, який складається із часу, потрібного на обслуговування, та часу, потрібного на відпочинок (беремо у відсотках від оперативного часу:

$$T_{до} = T_{опер} 7\% = 98,74 \cdot 0,07 = 6,92 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину штучного часу за формулою (6.22):

$$T_{шт} = T_{опер} + T_{до}. \quad (6.22)$$

$$T_{шт} = 98,74 + 6,0 = 104,74 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину штучно-калькуляційного часу за формулою (6.23):

$$T_{шт-кал} = T_{п.закл.} + \frac{T_{п.закл.}}{N}, \quad (6.23)$$

$T_{п.закл} = 20$  хв - це величина підготовчо-заключного часу, що складається з такого часу, як: отримання креслення й наряду, ознайомлення з роботою й робочим кресленням, інструктаж майстра на робочому місці, настройка пристрою подачі ЗОР та ін.

$N = 5$  шт. – кількість деталей у партії запуску.

$$T_{шт-кал} = 104,74 + 20/5 = 108,6 \text{ (хв.)}$$

## 7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ МУФТИ

Проектуємо пристрій на 055 операцію фрезерну з ЧПК.

Нульова точка системи координат пристрою відповідатиме точці системи верстата, вісь z буде направлена вертикально вздовж осі муфти.

### 7.1 Уточнення цілей технологічної операції

#### 7.1.1 Точність отримуваних розмірів

На операції фрезерній з ЧПК фрезеруються пази 52x100x205 та 64x380x180, проаналізуємо їх точність.

На операції 055 оброблюються такі поверхні з точністю:

- $64^{+0,740}$  мм – глибина пазу, 14 квалітет, допуск  $T=0,740$  мм;
- R10\* й R25\* - розміри залежать від геометрії різального інструмента;
- $100^{+0,0540}$  мм – величина глибини паза, 8 квалітет, допуск  $T=0,0540$  мм;
- $205^{+1,150}$  мм – величина довжини паза, 14 квалітет, допуск  $T=1,150$  мм;
- $200_{-1,150}$  мм – величина ширини перемички, 14 квалітет,  $T=1,15$  мм;
- $52^{+0,740}$  мм – величина глибини паза, 14 квалітет,  $T=0,740$  мм;
- допусків на кутові розміри не вказано на кресленні, їх ми знаходимо

згідно із ГОСТом 8908-81: вони дорівнюють  $\pm AT16/2$ , та  $\pm 30'$ .

Здійснено аналіз точності форми та розташувань для двох найбільш точних поверхонь: ширини паза 100H8 та глибини  $52^{+0,740}$ .

#### 7.1.2 Точність форми

На параметри точності, які не вказано конструктором, назначимо їх відповідно із нормальним рівнем відносної геометричної точності – А.

Відхиленнями від площинності є: вогнутість або ж випуклість, дивись рисунок 7.1.

										Лист
										53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

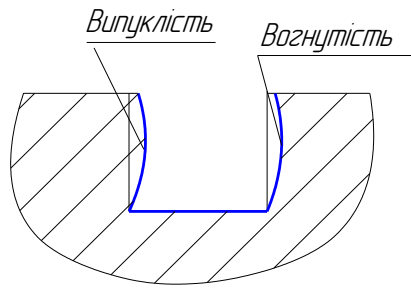


Рисунок 7.1 – Площинність бічних стінок паза

Для бічних стінок паза допуск площинності складаємо 60% від допуску розміра 100, тоді  $T_{\text{пл}} = 0,0540 \cdot 0,6 = 0,0324$  (мм), прийемо 30 мкм, що відповідає 9 степені точності згідно з ГОСТом 24643-85.

Допуск площинності дна паза складатиме 60% від допуску на розмір 52 й буде дорівнювати  $T_{\text{пл}} = 0,740 \cdot 0,6 = 0,444$  (мм), прийемо 400 мкм – що відповідає 15 степені точності згідно з ГОСТом 24643-85.

### 7.1.3 Точність розміщення поверхонь

Проаналізуємо допуск паралельності бічних стінок паза, який назначено конструктором не більш 0,02 мм – що відповідає 7 степені точності. Паралельність стінок паза зображена на рис. 7.2.

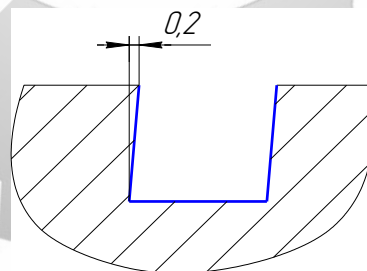


Рисунок 7.2 – Паралельність стінок паза

### 7.1.4 Шорсткість оброблених поверхонь

Шорсткість оброблених поверхонь складає: дна  $Ra = 12,5$  мкм, бічних стінок пазів  $Ra = 1,6$  мкм, і це обумовлено службовими призначеннями поверхонь.

										Лист
										54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМЗ 20320386 - 00 ПЗ					



## 7.2 Виявлення кількісних і якісних даних про заготовку муфти

Деталь «Муфта» використовують в компресорному агрегаті, в ході роботи агрегата на цю деталь діють великі циклічні знакоперемінні сили, а осьові сили діють від вала турбіни агрегату. Деталь використовують в роторо-муфтовій групі, умови роботи: закрите приміщення, робоча температура від -12 до +46°C.

Попередньо заготовка муфти оброблялася на токарному верстаті згідно із вимогами креслення, а саме, циліндричні поверхні й торці виконано начисто.

Муфта – це типовий представник корпусів, що виготовляються із легованої сталі марки 45ХН2МФА за ГОСТом 4543-71. Зі сталі виготовлюються деталі, що працюють під навантаженням (скручування або поворотно-змінні).

Тому для базування приймаємо начисто оброблені точні та відкриті розвинуті поверхні: торець і центральний отвір. Проаналізуємо точність цих поверхонь.

### 7.2.1 Точність розмірів базових поверхонь

- отвір  $\varnothing 375^{+0.3}_{+0.2}$  мм, допуск  $T=0,10$  мм, що орієнтовно дорівнює 9 квалітету точності (допуск якого  $T=0,140$  мм);

- торець виконано в розмір  $500_{-1,550}$  мм, допуск  $T=1,550$  мм, 14 квалітет точності.

### 7.2.2 Точність форми базових поверхонь

Допуск площинності торця приймемо 60% від допуску розміру 500 мм, маємо  $T_{\text{пло}}=0,6 \cdot 1,550=0,930$  мм. Згідно із стандартним рядом приймемо 800 мкм, що відповідає 14 ступені точності (це відхилення від площинності торця, а саме – вогнутість або опуклість).

Допуски циліндричності і профілю поздовжнього січення для базової поверхні  $\varnothing 375$  мм розглядатимемо як 30% від допуску на даний розмір, тобто

						ТМЗ 20320386 - 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			55

$T_{\text{цилін}}=0,10 \cdot 0,3=0,030$  мм. Прийємомо  $T_{\text{цилін}}=25$  мкм що відповідає 7 степені точності.

### 7.2.3 Точність розміщення базових поверхонь

Величина радіального биття отвору складатиме 60% від допуску на розмір  $\varnothing 375$ , маємо  $T_{\text{биття}}=0,10 \cdot 0,6=0,060$  мм, що відповідає 7 степені точності.

Допуск перпендикулярності для торця складатиме 60% від допуску на розмір 500,  $T_{\text{перпен}}=0,6 \cdot 1,55=0,93$  мм, приймаємо  $T_{\text{перпен}}=0,8$  мм – 13 степінь точності

### 7.2.4 Шорсткість базових поверхонь

Базові поверхні муфти мають таку шорсткість: для отвору  $\varnothing 375\text{H}7$   $Ra=1,6$  мкм; для торця  $Ra=12,5$  мкм.

## 7.3 Визначення умов, де буде виготовлятися та використовуватися проєктований пристрій

Впродовж десяти років при виконанні річного обсягу пристрій повинен буде виконати 2000 робочих циклів.

Верстатний пристрій будуть використовувати на вертикально-фрезерному верстаті, який має систему охолодження. Стружка при обробці видаляється із зон різання при виключеному верстаті. Проєктований пристрій обслуговує оператор 3-4-го розряду. Необхідний захисний кожух не дозволить в ході оброблення розлітатись стружці й охолоджуючій рідині. Працівника повинно попередньо ознайомити з правилами техніки безпеки для цього типу обладнання. При установленні заготовки й транспортуванні повинно використовувати підйомні механізми, що сертифіковані і попередньо перевірені.

Робочою температурою навколишнього середовища є  $22 \pm 5^\circ\text{C}$ , з відносною вологістю повітря 82%, атмосферним тиском  $P_{\text{атмо}}=87 \dots 108$  кПа,

					ТМЗ 20320386 - 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

швидкістю руху повітря 0,4 м/с, частотою вібрацій в ході роботи обладнання  $f=20\div 35$  Гц, освітленням приміщення місцевим не менш 1500 Люкс.

#### 7.4 Перелік виконуваних пристроєм функцій

Цей перелік функцій дозволить ознайомитись з обсягом робіт з використання пристрою, та проаналізувати функції пристрою.

- 0 – Попередня орієнтація, переміщення пристрою.
- 1 – Базування деталі.
- 2 – Закріплення деталі.
- 3 – Базування на верстаті пристрою.
- 4 – Закріплення на верстаті пристрою.
- 5 – Підведення й відведення енергоносіїв.
- 6 – Утворення сил закріплення.
- 7 – Управління енергоносіями приводу.
- 8 – Обробка деталі згідно з кресленням.
- 9 – Досягнення безпечних умов праці пристрою.
- 10 – Об'єднання функціональних вузлів пристрою.

Виходячи з наведених умов реалізації функцій пристрою й вимог до результатів реалізації функцій, конструктор шукатиме прототипи з уже накопиченого запасу технічних рішень. Переваги ж потрібно віддавати перевіреним практикою конструкціям, і бажано в основу конструкції вкласти здешевлення пристрою. Розроблення ж спеціальних конструкцій вузлів, на відміну від уже опробованих, потребує спеціального економічного обґрунтування.

						ТМЗ 20320386 - 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			57

## 7.5 Розроблення та обґрунтування схеми базування деталі

Схему базування муфти було розглянуто в розділі 6.2 записки.

## 7.6 Побудова функціональної структури проектного пристрою

Функціональну структуру верстатного пристрою можна розглянути на рисунку 7.3.

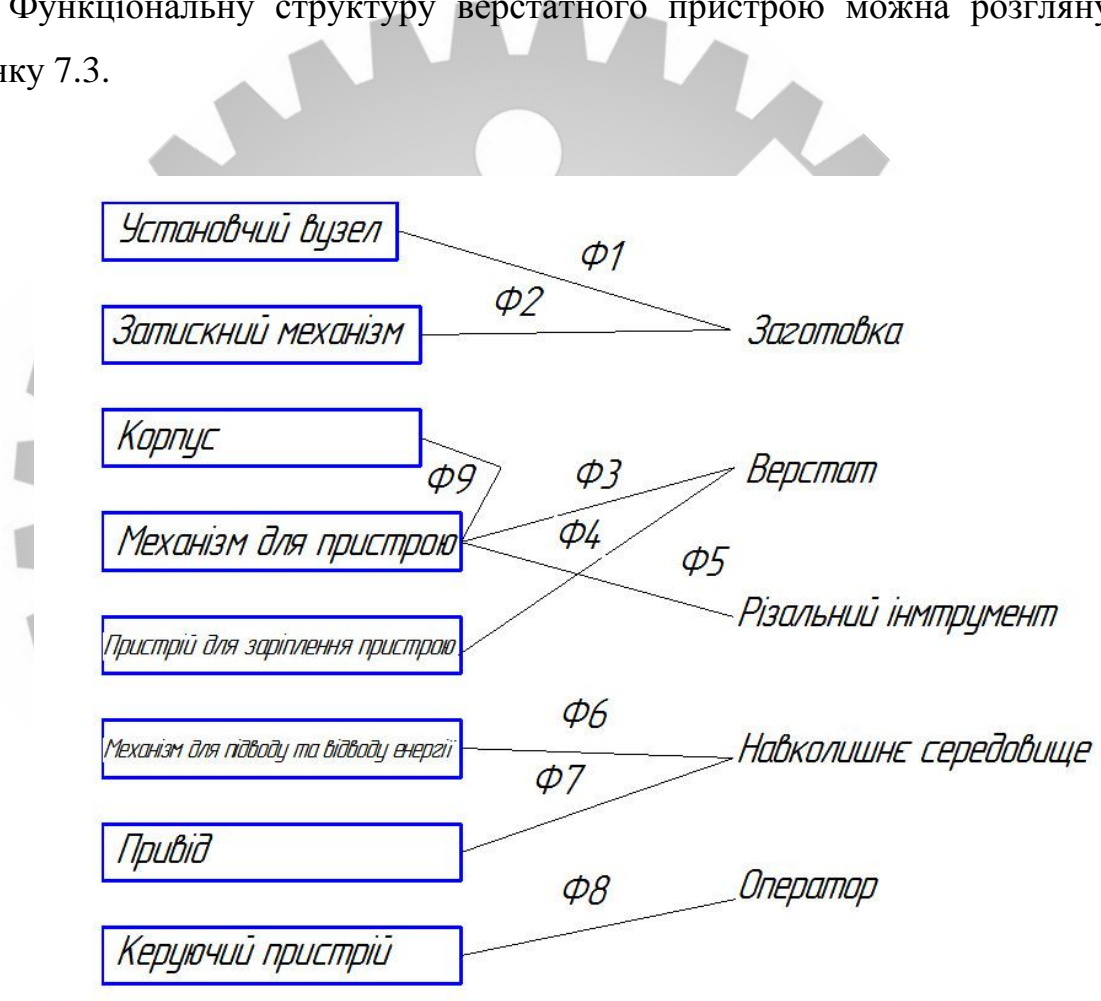


Рисунок 7.3 – Функціональна структура верстатного пристрою

## 7.7 Розробка та обґрунтування схеми закріплення деталі

### 7.7.1 Аналіз структур полів сил збурюючих.

Для аналізу та знаходження полів збурюючих сил, побудуємо графічну модель цих сил, див. рис. 7.4.

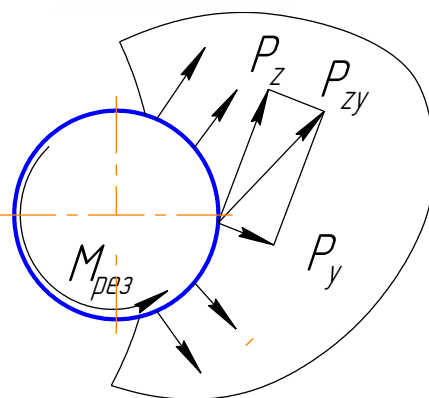


Рисунок 7.4 – Графічна модель полів збурюючих сил

### 7.7.2 Аналіз структур полів сил зрівноважувальних

З рисунку 7.4 бачимо, що складові сил різання не є зрівноваженими й потребують прикладення допоміжних сил закріплення заготовки. Величину сумарної сили необхідно знайти за умови неповертання від сили що утворює момент різання, див. рис. 7.5.

### 7.7.3 Розрахунок сил закріплення заготовки

Величину сил різання було розраховано аналітично при фрезеруванні паза в п. 6.5. Тоді маємо:

$$P_z = \frac{10 \cdot 82,1 \cdot 15^{0,750} \cdot 0,08^{0,60} \cdot 40^{1,1} \cdot 6}{40^{0,860} \cdot 400,0^0} \cdot 0,94 = 6377 \text{ (Н)}.$$

$$M_{\text{крут}} = \frac{6377 \cdot 40,0}{2 \cdot 100} = 1276 \text{ (Нм)}.$$

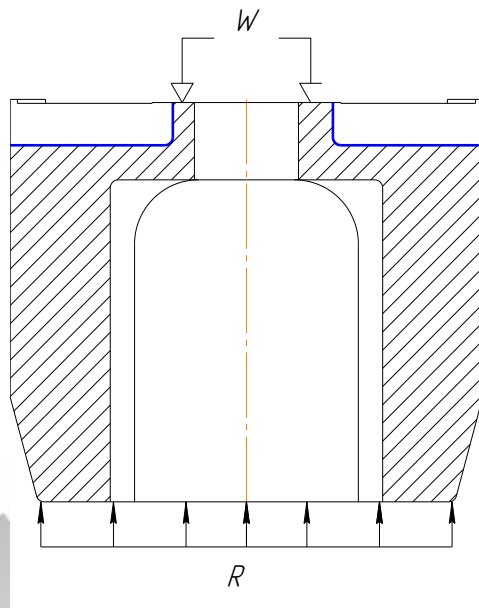


Рисунок 7.5 – Графічна модель структури полів зрівноважувальних сил

Силу закріплення з умови непровертання заготовки муфти знайдемо:

$$W = \frac{3,8K \cdot M}{f \cdot \pi(D^3 - d^3)}, \quad (7.1)$$

де  $W$  – величина сили затиску;

$d=376$  мм – найменший діаметр, що визначає площу контакту;

$D=520$  мм – найбільший діаметр, що визначає площу контакту;

$K$  – коефіцієнт запаса, що залежить від умов оброблення.

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

де  $K_0 = 1,50$  – гарантований коефіцієнт запаса, однаковий для всіх випадків;

$K_2 = 1,10$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при зношенні різального інструмента;

$K_1 = 1,20$  – цей коефіцієнт залежить від поверхні – оброблена вона чи ні;

$K_3 = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує силу різання при обробленні поверхонь;

$K_6 = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує ергономічні параметри пристрою;

$K_5 = 1,20$  – коефіцієнт, що враховує сили, які намагаються повертати заготовку навколо осі;

$K_4 = 1,20$  – коефіцієнт, що враховує постійність сил закріплення привода.

тоді,  $K = 1,50 \cdot 1,10 \cdot 1,20 \cdot 1,0 \cdot 1,20 \cdot 1,0 \cdot 1,20 = 2,46$ .

Прийmemo  $K = 2,5$ .

$f_1 = 0,21$  – це коефіцієнт тертя, що діє між заготовкою та установчою поверхнею пристрою.

Тоді знаходимо силу, яку потрібно прикладати до заготовки муфти:

$$W = \frac{3,80 \cdot 2,50 \cdot 1276}{0,21 \cdot 3,14 \cdot (0,52^3 - 0,376^3)} = 5683 \text{ Н.}$$

#### 7.7.4 Розрахунки на міцність

Зробимо розрахунки на міцність при розтягуванні штока пристрою. Матеріал штоку – вуглецева сталь 40. Щоби різь штока витримала, необхідно виконання умов:

$$\sigma_{p1} \leq [\sigma]_p, \quad (7.3)$$

$$[\sigma]_p = 0,6 \cdot \sigma_{T1}, \quad (7.4)$$

де  $\sigma_{T1} = 305$  МПа – границі тікучісті сталі 40;

$$[\sigma]_p = 0,6 \cdot 305 = 181 \text{ (МПа)};$$

$$\sigma_\delta = \frac{4F}{\pi d^2}, \quad (7.5)$$

$d = 22$  мм – діаметр штока;

$F$  – це максимальна осьова сила, що діятиме при розтягуванні штока, Н

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 5683}{3,14 \cdot 22^2} = 10,5 \text{ МПа}$$

Оскільки умову виконано ( $10,5 \text{ МПа} < 181 \text{ МПа}$ ), то різь штока може витримати цю силу.

										Лист
										61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

## 7.8 Обґрунтування вибору типу привода

Оскільки для розкріплення заготовки достатньо ходу штока 12-15 мм, то раціонально примінити пневмокамеру резино-тканинову тарільчасту односторонньої дії. Діаметр діафрагми розрахуємо за формулою:

$$Q = \frac{0,750\pi}{16} (d_1 + D)^2 p, \quad (7.6)$$

Тоді маємо:

$$D + d_1 = \sqrt{\frac{16Q}{0,750\pi p}} \quad (7.7)$$

де  $Q = 5683 + 305 = 5988$  Н – вихідна сила на штоку пневмокамери з урахуванням сили зворотньої пружини;

$p = 0,630$  МПа – значення тиску повітря в системі.

Знаходимо

$$D + d = \sqrt{\frac{16 \cdot 5988}{0,750 \cdot 3,14 \cdot 0,630}} = 256 \text{ (мм)}.$$

Для суми 256 мм приймаємо  $D = 160$  мм,  $d = 110$  мм. Тоді дійсна сила на штоку дорівнюватиме:

$$Q = \frac{0,750 \cdot 3,14 \cdot 0,630}{16} (160 + 110)^2 = 6758,9 \text{ (Н)}.$$

Приймаємо  $Q = 6700$  Н.

## 7.9 Точні розрахунки проектного пристрою

Від точності виконання пристрою буде залежати і отримання необхідної точності параметрів оброблюваних поверхонь. Для цього розглянемо допуск паралельності бічних стінок паза, що складає, згідно з розрахунками в розділі раніше, не більше 200 мкм.

						ТМЗ 20320386 - 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			62



$$E_{np} \leq T_{nap} - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot E_{61})^2 + E_{31}^2 + E_{y1}^2 + E_{П1}^2 + E_{И1}^2 + (K_{T2} \cdot \omega_1)^2 + E_{поз1}^2}, \quad (7.8)$$

де  $K_T = 1,2$  – це коефіцієнт, що враховуватиме можливе відступлення від закону нормального розподілення похибок [21];

$K_{T1} = 0,81$  – це коефіцієнт, що враховуватиме можливий відступ від закону нормального розподілення допусків базових поверхонь муфти [21];

$E_{61} = 0$  мкм – це похибка базування заготовки в пристрої (див. п.6);

$E_{31} = 52$  мкм – це похибка закріплення, що виникає на оправці з упором по торцю [21];

$E_{y1} = 38$  мкм – це похибка установа на столі верстата, яка розраховується за формулою:

$$E_{y1} = \frac{L_D S}{l}, \quad (7.9)$$

$L_D = 505$  мм – це довжина оброблюваної деталі, а саме відстань між пазами деталі;

$S = 0,049$  мм – це найбільший зазор між шпонкою пристрою і пазом стола верстата за посадкою 20H8/g6;

$l = 610$  мм – відстань між шпонками на пристрої;

$$E_{y1} = \frac{505 \cdot 0,049}{610} = 0,037 \text{ (мм)}.$$

$E_{П1} = 0$  мкм – це похибка перекошення інструменту [1];

$E_{И1} = 2$  мкм – це похибка, що виникатиме внаслідок зношення установчих поверхонь пристрою:

$$E_{И1} = \beta \cdot N = 0,003 \cdot 1000 = 3 \text{ (мкм)}.$$

$K_{T2} = 0,60$  – це коефіцієнт, що враховуватиме ймовірність з'явлення похибок оброблення [20];

$\omega_1 = 35$  мкм – це середня економічна точність оброблення [21];

$E_{поз1} = 0$  – це похибка позиціонування [21].

Тоді загальна похибка пристрою складатиме:

											Лист
											63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							

$$E_{\text{пр}} = 250 - 1,2\sqrt{(0 \cdot 0,80)^2 + 52^2 + 37^2 + 0^2 + 3^2 + (0,60 \cdot 35)^2 + 0^2} = 53 \text{ (мкм)}.$$

Приймаємо з урахуванням отриманих даних величину допуску паралельності установчої поверхні пристрою до його базової поверхні  $T=0,05$  мм. Ця похибка виникає як наслідок дії окремих похибок різних елементів проектованого пристрою.

#### 7.10 Опис проектованого пристрою, принцип роботи

Заготівку муфти встановлюють на оправку 3 пристрою при базуванні по центральному отвору деталі та пазу. На штоці 5 встановлюють прихват 6. У верхню камеру пневмокамери приводу подають стиснене повітря під тиском 0,630 МПа, після чого шток з силою 6700 Н рухається вниз. Прихват прижимає заготовку через шайбу 6 і гайку 10. Заготовка муфти тепер закріплена, і може відбуватись механічне оброблення. Після оброблення стиснене повітря із камери скидається, пружина пневматичної камери підіймає шток вгору. Зняття заготівки відбувається у протилежному напрямку: знімається прихват, заготівка, при необхідності очищують базові поверхні від стружки та пилу, після цього встановлюється наступна заготівка під механічне оброблення.

										Лист
										64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

## ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота бакалавра (спеціальність 6.131 «Прикладна механіка», освітня програма «Технології машинобудування») містить аналіз виконання операції 055 фрезерної із ЧПУ та операції 065 свердлильної із ЧПК обробки деталі «Муфта П6-ВА4-А.15.09». В кваліфікаційній роботі бакалавра проведено аналіз службових призначень виробу («Відцентрового компресора 351ГЦ2-564/58-76М13») та деталі, також аналіз технічних вимог на виготовлення деталі «Муфта П6-ВА4-А.15.09».

За допомогою крефіцієнта закріплення операцій Кзо було розраховано тип виробництва – середньосерійний, було обгрунтовано метод отримання заготовки – поковка на молотах. Отриманий метод зменшує витрату матеріала з механічної обробки муфти в порівнянні з існуючим.

Здійснено аналіз технологічності деталі «Муфта П6-ВА4-А.15.09» – за якісними ознаками.

Було виконано розрахунок припусків для розміру  $\varnothing 572H8$  за допомогою ЕОМ. Проведено аналіз базування заготовки для операції 055 фрезерної із ЧПК й 065 свердлильної із ЧПК. Обгрунтовано використоване на цих двох операціях обладнання та технологічна оснастка.

Зроблено розрахунки для двох операцій 055 та 065 режимів різання, проведено технічне нормування операцій.

Було оформлено на технологічний процес виготовлення муфти П6-ВА4-А.15.09 альбом карт КТП, карт ВТД та карт КЕ.

										Лист
										65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. **Горбацевич, А. Ф.** Курсовое проектирование по техн-ии маш-ния. – 4-е изд., перераб. и дополн. / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск: Вышэйша школа, 1983. – 255 с.
2. **Егоров, М. Е.** Технология машиностроения: Уч-ник / М. Е. Егоров и др. – М.: Высша. школа, 1979. – 537 с.
3. **Руденко, П. А.** Проектирование и производство заготовок в маш-нии: Учеб. пособие / П. А. Руденко и др. – Под общей ред. В. М. Плескача. – К.: Вища шк., 1991. – 249 с.
4. 4256 **Кушніров, П.В.** Програма та методичні вказівки до проходження переддипломної практики для студентів освітньо-кваліфікац. рівня «бакалавр» спец. 05050201 «Технологія машинобудування» / укл.: П.В. Кушніров. – Суми: СумДУ, 2017. – 17 с.
5. **Маталин, А. А.** Технология машиностроения: Уч-ник / А. А. Маталин. Л.: Маш-е. Лен. отдел-е, 1986. – 498 с.
6. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени на работы, выполняемые на МРС с программным управлением. – НИИтруда, 1991. – 208 с.
7. **Косилова, А.Г.** Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах. Том 2 / Под редакц. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машин-е, 1987. – 497 с.
8. **Євтухов, В. Г.** Метод. вказівки до кваліфікац. роботи бакалаврів для студ. спец. 6.05050201 «Технології машинобудування» / укл. В. Г. Євтухов. – Суми: Сумськ. держ. ун-т, 2017. – 45 с.
9. **Панов, А.А.** Обработка металлов резанием: Справочник технолога. Под общ. ред. А.А. Панова. – М.: Машин-е, 1989. – 737 с.
10. **Топоров, О.О.** Методичні вказівки до виконання розділу «Аналіз службового призначення виробів» в обов'язковому домашньому завданні, випускній роботі бакалавра, курсовому проекті зі спеціальності та дипломному проекті: для студ. спец.: 6.090203, 7.090202, 6.090202, 6.090204, 6.090220, 6.090209,

					ТМЗ 20320386 - 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

- 6.090515, 6.090520 усіх форм навчання / О.О.Топоров. – Суми: СумДУ, 2009. – 28 с.
11. **Ковалевский, С. В.** Технология обработки типовых деталей и сборки машин: конспект лекций / С. В. Ковалевский, С. Г. Онищук, Ю. Б. Борисенко. – Краматорск: ДГМА, 2015. – 118 с.
12. **Євтухов, В.Г.** Метод. вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунк.-графічних та курсових робіт, курсових й дип. проектів з технології машинобудування для студ. освітньо-кваліф. рівнів: «бакалавр» за напрямом підготовки: 6.050503 «Машинобудування», 6.050502 «Інженерна механіка», 6.050604 «Енергомашинобудування»; «спеціаліст» спец. 7.090202 «Технологія машинобудування» усіх форм навч.: у 2 част. – Ч. 1. Загальні відомості / укл.: В.Г. Євтухов, В.О. Іванов. – Суми: Сумськ. держ. ун-т, 2014. – 56 с.
13. **Доля, В.М.** Технологія обробки деталей машин: конспект лекцій для студентів спеціальності «Технології машинобудування» усіх форм навчання / В.М. Доля, О.В. Доля. – Харків : НТУ «ХП», 2020. – 114 с.
14. **Кушніров, П.В.** Методичні вказівки до практ. роботи «Автоматизований розрахунок параметрів пневмо- і гідроприводів верстатних пристроїв» /Укл. П.В. Кушніров. – Суми: Вид-во СумДУ, 2003. – 31 с.
15. **Павленко, І. І.** Технологія обробки типових деталей та складання машин : метод. вказ. до викон. лабор. робіт / І. І. Павленко, А. М. Артюхов, М. М. Підгаєцький, М. О. Сторожук.– Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 75 с.
16. **Євтухов, В.Г.** Метод. вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунк.-графічних й курсових робіт, курсових й дипломних проектів з технології машинобудування для студ. освітньо-кваліфікац. рівнів: «бакалавр» за напрямом підготовки: 6.050503 «Машинобудування», 6.050502 «Інженерна механіка», 6.050604 «Енергомашинобудування»; «спеціаліст» спец. 7.090202 «Технологія машинобудування» усіх форм навч.: у 2 част. – Ч. 2. Приклади оформлення технологічної документації / укл.: В.Г. Євтухов, В.О. Іванов.– Суми: Сум. державний університет, 2012.– 58 с.

											Лист
											67
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата							

17. **Захаркін, О. У.** Технологічні основи машинобудування (основні способи обробки поверхонь та сучасні Т-системи для їх реалізації): навч. посіб. / О. У. Захаркін. – Суми : СумДУ, 2010. – 138 с.
18. **2562 Захаркін, О. У.** Метод. вказівки до практичних робіт з дисципліни «Технологічні основи машинобудування»: для студ. освітньо-кваліф. рівня «Бакалавр» за напрямом підготовки 6.0902 «Інженерна механіка» усіх форм навчання / О. У. Захаркін. – Суми : СумДУ, 2009. – 53 с.
19. **Гладка, Л.А.** Метод. вказівки до виконання розділу «Охорона праці» в дипломних проектах для студ. спец. 090202 та 090203 ден. та заочн. форм навч / Укл. Л.А. Гладка.– Суми: СумДУ, 2008. – 25 с.
20. **Боровик, А. І.** Технологічна оснастка механоскладального виробництва / А. І. Боровик. – К.: Кондор, 2009 – 727 с.
21. **Кушніров, П.В.** Методичні вказівки до практич. занять з курсу «Технологічна оснастка» / Укл. П.В. Кушніров. – Суми: Сум ДУ, 2009. – Ч. 1. – 53с.
22. **Пашкевич, М.Ф.** Технологическая оснастка: Учебник для студ. машиностроительных специальностей вузов / М.Ф. Пашкевич, Ж.А. Мрочек, Л.М. Кожуро, В.М. Пашкевич. – Мнск.: Адукац. і выхаван., 2009. – 321 с.
23. **Денисенко, А.Ф.** Методичні вказівки до написання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» у дипломних роботах / укл. А.Ф. Денисенко. – Суми: Сум. держ. університет, 2015. – 55 с.
- 24 **Григурко, І.О.** Технологія обробки типових деталей та складання машин (практикум): навч. посіб. / І.О. Григурко, М.Ф. Брендюля, С.М. Доценко. – Львів : «Новий Світ - 2000». – 2020, 473 с.
25. Sartorius Werkzeuggeg / H.SARTORIUS Nachf. GmbH und Co.KG / Der Werkzeugkatalog: Niederlassung Velbert. – 2009.

					ТМЗ 20320386 - 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68