

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний інститут, машинобудівний факультет

(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра «Технологія машинобудування»

(повне найменування кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

перший (бакалаврський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Вдосконалення технологічного процесу виготовлення тонкостінного  
складнопрофільного перехідника»

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи Мз-111сп

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

НАДЬОЖКІН Є.О.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ГОНЧАР Н.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ШИРОКОБОКОВ В.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**  
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет машинобудівний  
 Кафедра «Технологія машинобудування»  
 Ступінь вищої освіти перший (бакалаврський)  
 Спеціальність 131 «Прикладна механіка»  
(код і найменування)  
 Освітня програма (спеціалізація) «Технології машинобудування»  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри Сергій ДЯДЯ

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**

**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)**

НАДЬОЖКІНА Євгенія Олексійовича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Вдосконалення технологічного процесу виготовлення тонкостінного складнопрофільного перехідника

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доц. ГОНЧАР Наталя Вікторівна,  
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 28 » березня 2024 року №97

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 14 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі, річна програма випуску N=5000шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3. Організаційна частина планування дільниці; 4 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки; 5. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Креслення деталі, заготовки, плакат моделей деталі і заготовок, маршрут виготовлення деталі, графічне зображення етапів підготовки управляючої програми та розрахунків на міцність, креслення робочого пристосування.

## 6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1, 2, 3, 5	ГОНЧАР Н.В., доцент		
4	ПУХАЛЬСЬКА Г.В., доцент		
нормоконтр.	ДЯДЯ С.І., зав. каф.		

7. Дата видачі завдання 01 травня 2024 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	20.05.2024	
2	Конструкторська частина	27.05.2024	
3	Розробка планування ділянки	29.05.2024	
4	Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки	03.06.2024	
5	Оформлення пояснювальної записки, креслень, технологічних карт	05.06.2024	
6	Нормоконтроль і рецензія	07.06.2024	
7	Захист дипломного проєкту	14.06.2024	

Студент

(підпис)

Євгеній НАДЬОЖКІН

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)

Наталя ГОНЧАР

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 83 с., 21 рис., 24 табл., 2 додатки, 10 джерел.

ПЕРЕХІДНИК, ВЕРСТАТ, ЗАГОТОВКА, ІНСТРУМЕНТ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, НОРМУВАННЯ, ОПЕРАЦІЯ, ПРИСТОСУВАННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення перехідника.

Мета роботи – вдосконалити технологічний процес виготовлення тонкостінного складнопрофільного перехідника з урахуванням його конструктивних особливостей для підвищення якості та точності.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В дипломному проєкті вдосконалено технологічний процес виготовлення перехідника, розраховано економічний ефект від впровадження верстатів з ЧПК, розраховано режими різання, норми часу, розроблено керуючу програму на операцію з ЧПК, спроектовано робоче та запропоновано контрольне пристосування, досліджено міцносні характеристики деталі, виконано розрахунок щодо організаційних питань на дільниці, кількості технологічного обладнання та робітників на дільниці виготовлення перехідників, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	7
ВСТУП.....	8
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі..	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	10
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	11
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі.....	14
1.4.1 Вибір технологічних баз.....	14
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	14
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	18
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	18
1.6 Розрахунок режимів різання та норм часу.....	24
1.6.1 Операція 015 - токарна.....	24
1.6.2 Операція 070 – шліфувальна.....	28
1.6.3 Операція 060 – свердлильна.....	31
1.7 Розробка керуючої програми на фрезерну операцію з ЧПК.....	35
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	38
2.1 Проектування робочого пристосування.....	38
2.1.1 Конструкція та принцип роботи.....	38
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення.....	39
2.1.3 Розрахунок необхідної сили затискання деталі у пристосуванні.....	40
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	42
2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування.....	42
2.3 Розрахунок деталі на міцність	43
3 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ.....	47
4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ.....	50

5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	63
5.1 Охороні праці для ливарника титанових сплавів.....	63
ВИСНОВКИ.....	68
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	69
Додаток А. Специфікація робочого пристосування.....	71
Додаток Б. Технологічні карти.....	73

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ЗОТС – змащувально-охолоджувальне технологічне середовище

КВМ – коефіцієнт використання матеріалу

ККД – коефіцієнт корисної дії

КП – керуюча програма

МВД – маршрут виготовлення деталі

МОП – маршрут обробки поверхні

ОФ – лиття в оболонкові форми

ПШТЯ – послідовність показників точності та якості

ПФ – лиття в піщану форму

ТО – термічна обробка

ЧПК – числове програмне керування

## ВСТУП

В умовах сучасного виробничого процесу, зростаючі вимоги до якості та надійності продукції потребують постійного вдосконалення технологічних процесів. Це особливо актуально для підприємств, що виготовляють тонкостінні складнопрофільні деталі типу перехідників, які знаходять широке застосування в різних галузях промисловості, зокрема в авіаційній, автомобільній, машинобудівній та інших секторах. Високі вимоги до геометричної точності, механічних властивостей та стабільності характеристик цих виробів обумовлюють необхідність впровадження нових методів та удосконалення існуючих технологічних процесів.

Тонкостінні складнопрофільні перехідники характеризуються складною геометрією та вимогою до високої точності виконання, що ускладнює їх виготовлення. Традиційні методи виробництва часто не забезпечують необхідного рівня якості та ефективності, що призводить до збільшення витрат та часу на виробництво. Вдосконалення технологічного процесу виготовлення таких виробів дозволяє знизити витрати на матеріали, зменшити час виробництва, підвищити якість та надійність продукції.

Очікувані результати дослідження повинні підтвердити доцільність запропонованих змін та їх вплив на поліпшення основних показників виробництва. Це дозволить забезпечити конкурентоспроможність підприємства та відповідати високим вимогам сучасного ринку.

# 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Деталь "Перехідник" входить у вузол "Верхній автомат перекоосу", який у свою чергу входить в агрегат "Колонка гвинтів". Колонка призначена для встановлення лопатей несучих гвинтів, передачі на них обертання, управління лопатями та передачі аеродинамічних сил, що створюються гвинтами, що несуть, на фюзеляж. Перехідник служить для безперервної зміни кутів установки лопатей протягом одного обороту несучих гвинтів, що викликає нахил рівнодіючої аеродинамічних сил гвинтів. Зміна нахилу проводиться зміною нахилу автомата перекоосу за допомогою поздовжнього або поперечного управління.

Деталь є складною у обробці, тому що за конструкцією – тонкостінна і складнопрофільна, а також має високі вимоги до точності обробки. Деталь є особливо відповідальною через те, що у процесі експлуатації її поломка веде до загрози життю пілота.

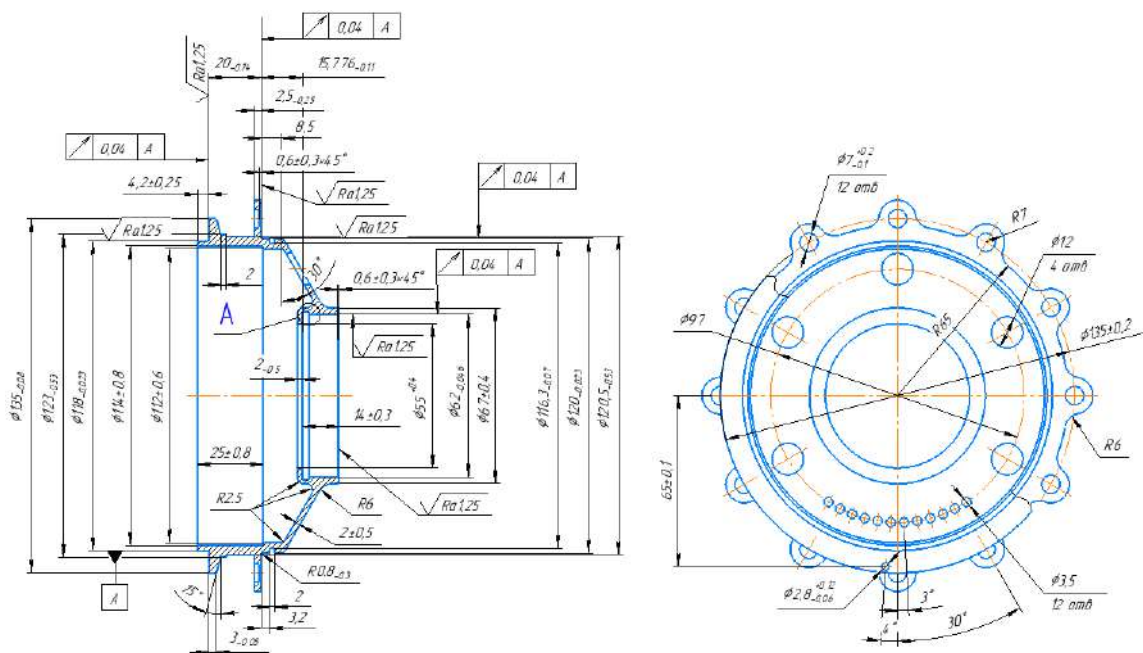


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі

Деталь "Перехідник" (рис. 1.1) являє собою деталь типу тіло обертання, виконана з титанового сплаву VT5Л, хімічний склад наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад VT5Л, % [1]

Fe	C	Si	W	N	Ti, основа	Al	Zr	O
до 0,35	до 0,2	до 0,2	до 0,2	до 0,05	91,485...95,9	4,1...6,2	до 0,8	до 0,2

Сплав VT5Л застосовується для виготовлення виливків деталей різного призначення заливкою в хімічно нейтральні форми: деталей систем управління, внутрішнього набору фюзеляжу; зварних деталей та вузлів, які тривало працюють (до 10 000 год.) при температурах до 400 °С.

Механічні властивості титанового сплаву VT5Л [1]:

- межа міцності при розтягуванні – 687...981 МПа;
- відносне подовження –  $\geq 6\%$ ;
- відносне звуження –  $\geq 14\%$ ;
- ударна в'язкість –  $\geq 294$  кДж/м<sup>2</sup>.

## 1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Попередньо тип виробництва призначаємо згідно програми випуску 5000 штук та маси деталі 0,36 кг як серійний [2, 3]. Для обробки деталі «Перехідник» призначаємо змінно-потоківу форму організації робіт.

Кількість партії оброблюваних деталей:

$$n = \frac{a \cdot N}{A}, \text{ шт} \quad (1.1)$$

де N – річна програма випуску, N=5000 шт;

$\alpha$  – періодичність запуску деталей в виробництво,  $\alpha=3$  дні;

$A$  – кількість робочих днів на рік,  $A=250$  днів.

$$n = \frac{3 \cdot 5000}{250} = 60 \text{ шт}$$

### 1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Для деталі «Перехідник» обираємо наступні методи отримання заготовки:

- лиття в оболонкові форми (ОФ);
- лиття в піщану форму (ПФ).

Маса заготовки визначається за допомогою програмного забезпечення NX. Моделі заготовок наведено на рис. 1.2, 1.3. Припуски на всі поверхні приймаються в залежності від їх маси згідно [4].



Рисунок 1.2 – Модель заготовки, що отримується литтям в оболонкові форми

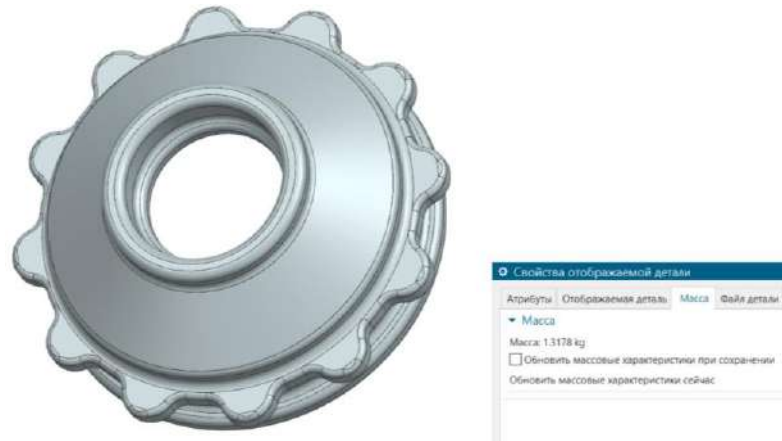


Рисунок 1.3 – Модель заготовки, що отримується литтям в піщану форму

Собівартість виготовлення однієї заготовки  $B$ , грн, розраховується за формулою:

$$B = \frac{B_B}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_3 \cdot K_{II} - (Q - q) \frac{B_{\text{відх}}}{1000}, \quad (1.2)$$

де  $Q$  – вага заготовки, кг;

$q$  – вага деталі, кг;

$B_B$  – базова собівартість виготовлення 1 т заготовок, грн. [5];

$K_T$  – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовки [5];

$K_M$  – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі [5];

$K_C$  – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки [5];

$K_3$  – коефіцієнт, що враховує масу заготовки [5];

$K_{II}$  – коефіцієнт, що враховує програму випуску заготовки [5];

$B_{\text{відх}}$  – вартість 1 т стружки [5].

$$B_{O\Phi} = \frac{4350}{1000} \cdot 0,88 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1,51 \cdot 5,1 \cdot 0,9 \cdot 0,77 - (0,88 - 0,36) \cdot \frac{1770}{1000} = 20,53 \text{ грн}$$

$$B_{\text{ПФ}} = \frac{2900}{1000} \cdot 1,32 \cdot 1,05 \cdot 5,1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,77 - (1,32 - 0,36) \cdot \frac{1770}{1000} = 12,5 \text{ грн}$$

Показники методів отримання заготовки заносяться в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Результати розрахунків заготовок

Показник	Позначення	Одиниці виміру	Варіант заготовки	
			ОФ	ПФ
Вага заготовки	Q	кг	0,86	1,34
Базова вартість 1 т заготовки	B <sub>Б</sub>	грн	3500	2900
Коефіцієнти	K <sub>Т</sub>		1,05	1,05
	K <sub>М</sub>		5,1	5,1
	K <sub>С</sub>		0,9	0,9
	K <sub>З</sub>		1	1
	K <sub>П</sub>		0,77	0,77
Вартість 1 т стружки	B <sub>відх</sub>	грн	1770	1770
Собівартість заготовки	B <sub>з</sub>	грн	20,53	12,5
КВМ	η		0,41	0,27

Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) розраховується за формулою:

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (1.3)$$

$$\eta_{\text{ОФ}} = \frac{0,36}{0,88} = 0,41$$

$$\eta_{\text{ПФ}} = \frac{0,36}{1,32} = 0,27$$

Річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок:

$$E_B = (B_{\text{ОФ}} - B_{\text{ПФ}}) \cdot N, \quad (1.4)$$

$$E_B = (20,53 - 12,5) \cdot 5000 = 40150 \text{ грн}$$

Заощадження на металі при виготовленні заготовки литтям в оболонковій формі:

$$M_e = \frac{q(\eta_{OF} - \eta_{PF})}{\eta_{OF} \cdot \eta_{PF}} \cdot N \quad (1.5)$$

$$M_e = \frac{0,36 \cdot (0,41 - 0,27)}{0,41 \cdot 0,27} \cdot 5000 = 2276,4 \text{ кг}$$

Так як отримали значення  $V_{PF} < V_{OF}$ , але  $\eta_{PF} < \eta_{OF}$ , то порівнюємо додаткові витрати згідно формули:

$$B = \frac{B_B}{1000} \cdot M_e \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_3 \cdot K_P \quad (1.6)$$

$$B = \frac{2900}{1000} \cdot 2276,4 \cdot 1,05 \cdot 5,1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,77 = 52644,3 \text{ грн}$$

Обираємо методом отримання заготовки – лиття в оболонковій формі.

#### 1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

##### 1.4.1 Вибір технологічних баз

Для токарної обробки в якості баз приймаємо зовнішні циліндричні поверхні  $\varnothing 135$ ,  $\varnothing 120$  та крайній або другий від краю торець. При фрезеруванні та свердлінні в якості баз обираємо: зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 118$  мм та крайній торець розмір 4,2 мм. Для шліфувальних операцій в якості баз обираємо отвір  $\varnothing 114$  та крайній торець.

##### 1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Складаємо маршрут обробки поверхонь (МОП), який складається з послідовності переходів обробки. Технологічна нумерація поверхонь деталі

наведена на рис. 1.4.

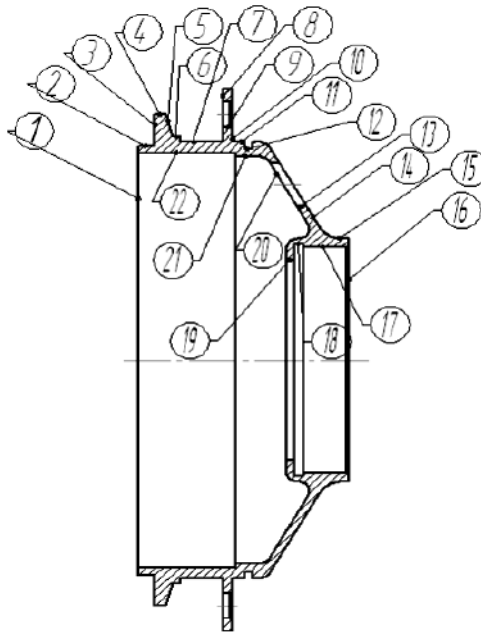


Рисунок 1.4 – Ескіз деталі з технологічною розміткою

Загальне уточнення розраховується за формулами:

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_d} \quad (1.7)$$

де  $Td_3$  – допуск на розмір заготовки, мкм;

$Td_d$  – допуск на розмір деталі, мкм;

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{Ra_3}{Ra_d} \quad (1.8)$$

де  $Ra_3$  – параметр шорсткості заготовки, мкм;

$Ra_d$  – параметр шорсткості деталі, мкм;

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{\Delta_3}{\Delta_d}, \quad (1.9)$$

$\Delta_3$  – похибка форми заготовки, мкм;

$\Delta_d$  – похибка форми деталі, мкм.

Для поверхні –  $\varnothing 118_{(-0,023)}$ :

$$\varepsilon_d = \frac{2,2}{0,023} = 95,6$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{20}{1,25} = 16$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{0,8}{0,04} = 20$$

Кількість переходів розраховується по формулі (1.10) за найбільшим значенням уточнення:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon \quad (1.10)$$

$$k = 2 \cdot \lg 95,6 = 3,96$$

Приймаємо  $k=4$  переходи:  $IT=IT16-h6=10=3+3+2+2$ .

Послідовність показників точності та якості (ППТЯ):

1) для допуску –  $IT16 \rightarrow h13 \rightarrow h10 \rightarrow h8 \rightarrow h6$ ;

2) для шорсткості –  $Ra20 \rightarrow Ra10 \rightarrow Ra5 \rightarrow Ra2,5 \rightarrow Ra1,25$ .

Точіння чорнове:  $T_{D1}=350$  мкм;  $T_{Ra1}=10$  мкм [4].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d1} = \frac{2200}{350} = 6,2$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{20}{10} = 2$$

Точіння получистове:  $T_{D2}=140$  мкм;  $T_{Ra2}=5$  мкм [4].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{350}{140} = 2,5$$

$$\varepsilon_{Ra2} = \frac{10}{5} = 2$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 6,2 \cdot 2,5 = 15,5 < \varepsilon_d = 95,6$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 2 \cdot 2 = 4 < \varepsilon_{Ra} = 16$$

Точіння чистове:  $T_{D4}=54$  мкм;  $T_{Ra4}=2,5$  мкм [4].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d4} = \frac{140}{54} = 2,6$$

$$\varepsilon_{Ra4} = \frac{5}{2,5} = 2$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 15,5 \cdot 2,6 = 40,3 < \varepsilon_d = 95,6$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 4 \cdot 2 = 8 < \varepsilon_{Ra} = 16$$

Шліфування:  $T_{D5}=23$  мкм;  $T_{Ra5}=1,25$  мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d5} = \frac{54}{23} = 2,3$$

$$\varepsilon_{Ra5} = \frac{2,5}{1,25} = 2$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 40,3 \cdot 2,3 = 92,7 < \varepsilon_d = 95,6$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 8 \cdot 2 = 16 < \varepsilon_{Ra} = 16$$

Розрахунок МОП інших поверхонь занесено до таблиці 1.3.

### 1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Вдосконалимо маршрут виготовлення деталі (МВД) «Перехідник» за рахунок об'єднання операцій на універсальних верстатах за рахунок використання верстатів з ЧПК:

I етап – отримання заготовки,

II термічна обробка (ТО);

III етап – механічна обробка:

- токарна обробка на верстатах з ЧПК (чорнова, получистова, чистова);
- фрезерна обробка на верстатах з ЧПК;
- свердлильна обробка
- слюсарна обробка

IV етап – мийка, контроль;

V етап – шліфування

VI етап – мийка, контроль.

Вдосконалений маршрут виготовлення наведено в графічній частині дипломної роботи на плакаті НУЗП 711602.025.

### 1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Для зовнішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 118_{-0,023}$  розрахуємо припуски розрахунково-аналітичним методом. Шорсткість поверхні та глибина дефектного шару згідно [6]:

Таблиця 1.3 – Маршрут обробки поверхонь деталі

Характер поверхні	Показники	Уточнення	Кількість переходів		Різниця показників ППТЯ	МОП		Параметр по переходам		Уточнення		
			розр	прийн		i	Метод обробки	допуск розміру	шорсткість	розміру	шорсткості	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Зовнішня циліндрична поверхня Ø118 <sup>(-0,023)</sup> Ra1,25	Td	95,6	3,96	4	Δ IT = IT16 – h6 =10 IT16 → h13 → h10 → h8 → h6	1	Заготовка-штамповка	2200	20	-	-	
						2	Термічна обробка	-	-	-	-	
	Ra	16				Ra20 → Ra10 → Ra5 → Ra2,5 → Ra1,25	3	Точіння чорнове	350	10	6,2	2
							4	Точіння получистове	140	5	2,5	2
							5	Точіння чистове	54	2,5	2,6	2
							6	Шліфування	23	1,25	2,3	2
Внутрішня циліндрична поверхня Ø62 <sup>+0,046</sup> Ra=1,25	Td	47,8	3,2	3	Δ IT = IT17 – h8 =9 IT16 → h13 → h10 → h8 Ra20 → Ra5 → Ra2,5 → Ra1,25	1	Заготовка-штамповка	2200	20	-	-	
						2	Термічна обробка	-	-	-	-	
	Ra	16					3	Точіння чорнове	300	5	7,3	4
							4	Точіння получистове	120	2,5	2,5	2
							5	Точіння чистове	46	1,25	2,6	2

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Торцюва поверхня 20 <sub>(-0,14)</sub> Ra1,25	Td	26,2	2,8	3	$\Delta IT = IT16 - h10 = 6$ IT16 $\rightarrow$ h14 $\rightarrow$ h12 $\rightarrow$ h10 $\rightarrow$ h10	1	Заготовка-штампівка	2200	20	-	-	
						2	Термічна обробка	-	-	-	-	
	Ra	16				Ra20 $\rightarrow$ Ra10 $\rightarrow$ Ra5 $\rightarrow$ Ra2,5 $\rightarrow$ Ra1,25	3	Точіння чорнове	520	10	4,2	2
							4	Точіння получистове	210	5	2,5	2
							5	Точіння чистове	84	2,5	2,5	2
							6	Шліфування	84	1,25	1	2
Зовнішня циліндрична поверхня Ø135 <sub>-0,08</sub> Ra=2,5	Td	75	3,7	4	$\Delta IT = IT16 - h8 = 8$ IT16 $\rightarrow$ h12 $\rightarrow$ h10 $\rightarrow$ h8	1	Заготовка-штампівка	2200	20	-	-	
						2	Термічна обробка	-	-	-	-	
	Ra	31,2				Ra20 $\rightarrow$ Ra10 $\rightarrow$ Ra5 $\rightarrow$ Ra2,5	3	Точіння чорнове	400	10	5,5	2
							4	Точіння получистове	160	5	2,5	2
							5	Точіння чистове	80	2,5	2	2

- 1) для заготовки значення:  $Rz_1 = 80$  мкм та  $h_1 = 100$  мкм;
- 2) для чорнового точіння:  $Rz_2 = 40$  мкм та  $h_2 = 40$  мкм;
- 3) для получистового точіння:  $Rz_3 = 20$  мкм та  $h_3 = 20$  мкм [4];
- 4) для чистового точіння:  $Rz_5 = 10$  мкм та  $h_5 = 15$  мкм [4];
- 5) для шліфування:  $Rz_5 = 6,3$  мкм та  $h_5 = 5$  мкм [4];

Просторові відхилення заготовки розраховують за формулою:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{\text{пар}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2}, \quad (1.11)$$

де  $\rho_{\text{кор}}$  – похибка від перекоосу.

$\rho_{\text{пар}}$  – похибка паралельності

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{п}} \cdot \ell, \text{ мм} \quad (1.12)$$

$$\rho_{\text{пар}} = \Delta_{\text{оп}} \cdot \ell, \text{ мм} \quad (1.13)$$

де  $\Delta_{\text{п}}$  – перекіс центрального отвору,  $\Delta_{\text{п}} = 2,5$  мкм/мм [4];

$\Delta_{\text{оп}}$  – похибка паралельності,  $\Delta_{\text{оп}} = 2,2$  мкм/мм [4].

$$\rho_{\text{кор}} = 2,5 \cdot 54 = 135 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{пар}} = 2,2 \cdot 54 = 119 \text{ мкм}$$

$$\rho_1 = \sqrt{0,135^2 + 0,119^2} = 0,18 \text{ мм}$$

Просторові похибки для механічних переходів розраховуються за формулою:

$$\rho_j = K_{\text{ут}} \cdot \rho_i, \text{ мм} \quad (1.14)$$

де  $K_{\text{ут}}$  – коефіцієнт уточнення для переходів механічної обробки [4].

$$\rho_2 = 0,06 \cdot 180 = 11 \text{ мкм}$$

$$\rho_3 = 0,04 \cdot 11 = 0,4 \text{ мкм}$$

$$\rho_4 = 0,03 \cdot 0,4 = 0 \text{ мкм}$$

$$\rho_5 = 0,02 \cdot 0 = 0 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_i = K_{yT} \cdot \varepsilon_{i-1} \quad (1.15)$$

де  $\varepsilon_2$  – похибка закріплення на першій операції,  $\varepsilon_2 = 0,4$  мм [4].

$$\varepsilon_3 = 0,04 \cdot 450 = 18 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_4 = 0,03 \cdot 18 = 0,5 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_5 = 0,02 \cdot 0,5 = 0 \text{ мкм}$$

Мінімальні припуски для переходів механічної обробки:

$$2z_i^{\min} = 2 \left( Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (1.16)$$

$$2z_2^{\min} = 2(80 + 100 + \sqrt{180^2 + 450^2}) = 1329 \text{ мкм}$$

$$2z_3^{\min} = 2(40 + 40 + \sqrt{11^2 + 18^2}) = 202 \text{ мкм}$$

$$2z_5^{\min} = 2(20 + 20 + \sqrt{0,4^2 + 0,5^2}) = 81 \text{ мкм}$$

$$2z_5^{\min} = 2(10 + 15 + \sqrt{0^2 + 0^2}) = 50 \text{ мкм}$$

Максимальний розмір поверхні деталі розраховується за формулою:

$$d_5^{\max} = d_5^{\min} + ES_{d5} \quad (1.17)$$

$$d_5^{\max} = 118 + 0 = 118 \text{ мм}$$

Максимальні розміри для механічних переходів розраховується за формулою:

$$d_i^{\max} = d_{i+1}^{\max} + 2z_{i+1}^{\min} + Td_i \quad (1.18)$$

$$d_4^{\max} = 118 + 0,05 + 0,054 = 118,104 \text{ мкм}$$

$$d_3^{\max} = 118,104 + 0,081 + 0,14 = 118,325 \text{ мкм}$$

$$d_2^{\max} = 118,325 + 0,35 + 0,202 = 118,877 \text{ мкм}$$

$$d_1^{\max} = 118,877 + 1,329 + 2,2 = 122,406 \rightarrow 122,4 \text{ мм}$$

Мінімальні розміри поверхні розраховуються за формулою:

$$d_i^{\min} = d_i^{\max} - Td_i \quad (1.19)$$

$$d_5^{\min} = 118 - 0,023 = 117,977 \text{ мм}$$

$$d_4^{\min} = 118,104 - 0,054 = 118,05 \text{ мм}$$

$$d_3^{\min} = 118,325 - 0,14 = 118,185 \text{ мм}$$

$$d_2^{\min} = 118,877 - 0,35 = 118,527 \text{ мм}$$

$$d_1^{\min} = 122,4 - 2,2 = 120,2 \text{ мм}$$

Граничні значення припусків по переходам механічної обробки розраховуються за формулою:

$$2z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\min} \quad (1.20)$$

$$2z_2^{\max} = 122,4 - 118,527 = 3,873 \text{ мм}$$

$$2z_3^{\max} = 118,877 - 118,185 = 0,692 \text{ мм}$$

$$2z_4^{\max} = 118,325 - 118,05 = 0,275 \text{ мм}$$

$$2z_5^{\max} = 118,104 - 117,977 = 0,127 \text{ мм}$$

Перевірка правильності розрахунків виконується за формулами:

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = TD_{\text{зар}} + TD_{\text{дет}} \quad (1.21)$$

$$2z_0^{\max} = d_1^{\max} - d_6^{\min} \quad (1.22)$$

$$2z_0^{\min} = d_1^{\min} - d_6^{\max} \quad (1.23)$$

$$2z_0^{\max} = 122,4 - 117,977 = 4,423 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\min} = 120,2 - 118 = 2,2 \text{ мм}$$

$$TD_0 = 2,2 + 0,023 = 1,239 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = 4,423 - 2,2 = 2,223 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір заготовки –  $\varnothing 121,3 \pm 1,1$  мм.

Розрахунок припусків та технологічних розмірів наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Припуски та міжопераційні розміри

Характеристика поверхонь	МОП		Допуск Тd, мм	Граничні значення розмірів		Граничні значення припуски		Виконавчий розмір
	IT	Метод обробки		$d_i^{\max}$ , мм	$d_i^{\min}$ , мм	$2z_i^{\max}$	$2z_i^{\min}$	
$\varnothing 118_{(-0,023)}$ Ra=1,25 $\uparrow=0,04$	17	Заготовка	2,2	122,4	120,2	-	-	$\varnothing 121,3 \pm 1,1$
	-	ТО	-	-	-	-	-	-
	12	Точен. чорн.	0,35	118,877	118,527	3873	1329	$\varnothing 118,88_{-0,35}$
	10	Точен. получ.	0,14	118,325	118,185	692	202	$\varnothing 118,32_{-0,14}$
	8	Точен. чист.	0,054	118,104	118,05	275	81	$\varnothing 118,1_{-0,054}$
	6	Шліф.	0,023	118	117,977	127	50	$\varnothing 118_{-0,023}$
4,423-2,223=2,2+0,023				2,223=2,223		4,423	2,2	

## 1.6 Розрахунок режимів різання та норм часу

### 1.6.1 Операція 015 - токарна

Чорнове точіння ведеться на токарному верстаті з числовим програмним керуванням (ЧПК) моделі HAAS ST10. Операційний ескіз представлений на рис. 1.5. Вибираємо різальний інструмент:

- 1) Різець токарний підрізний ГОСТ 18880-73, державка 25x16x140, T15K6 [6];
- 2) Різець токарний розточувальний ГОСТ 18883-73, державка 25x16x140, T15K6 [6].

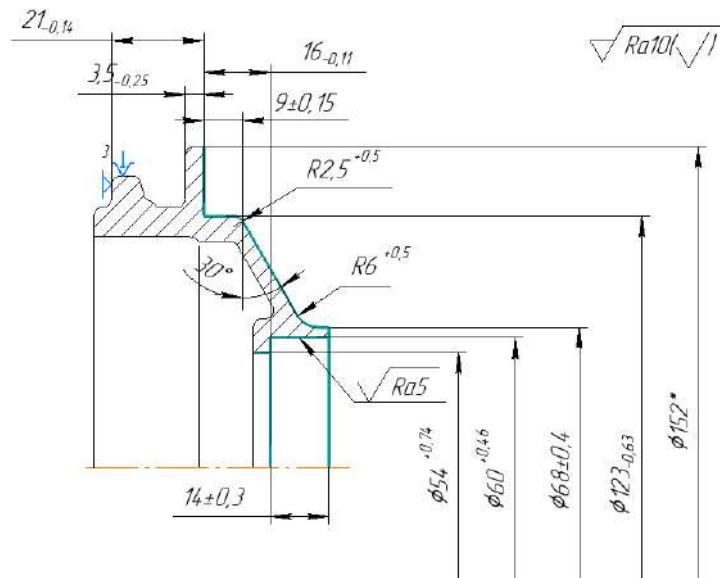


Рисунок 1.5 – Операційний ескіз деталі

Технічні характеристики верстата HAAS ST10:

- найбільший діаметр оброблюваної заготовки – 305мм;
- найбільша довжина оброблюваної заготовки - 406 мм;
- частоти обертання шпинделя – 1...6000 об/хв;
- поздовжня та поперечна подача супорта – 1...200 мм/об;
- швидкість прискорених переміщень – 1000 мм/хв;
- найбільший переріз різців – 25x32 мм;
- потужність – 11.2 кВт.

Режими різання для зовнішнього точіння:

Подача:

$$S = S^{табл} \cdot K_{Sn} \cdot K_{Su} \cdot K_{S3} \cdot K_{Sф} \cdot K_{Sж} \cdot K_{Sm} \quad (1.24)$$

де  $S_{0T}$  – табличне значення подачі,  $S_{0T} = 0,018$  мм/об [7];

$K_{Sn}$  – коефіцієнт, враховуючий стан поверхні,  $K_{Sn} = 0,42$  [7];

$K_{Su}$  – коефіцієнт, враховуючий матеріал різця,  $K_{Su} = 0,85$  [7];

$K_{S3}$  – коефіцієнт, враховуючий форму поверхні,  $K_{S3} = 1,0$  [7];

$K_{Sф}$  – коефіцієнт, враховуючий припуск на обробку,  $K_{Sф} = 1,0$  [7];

$K_{Sж}$  – коефіцієнт, враховуючий жорсткість деталі,  $K_{Sж} = 0,5$  [7];

$K_{SM}$  – коефіцієнт, враховуючий матеріал деталі,  $K_{SM} = 1,0$  [7].

$$S_p = 0,41 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 1,07 = 0,31 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо  $S=0,2$  мм/об.

Розраховуємо швидкість головного руху різання:

$$V_p = V_T \cdot K_{VM} \cdot K_{VI} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{VT} \cdot K_{VЖ} \cdot K_{V\Pi} \cdot K_{VO} \quad (1.25)$$

де  $V_m=31,8$  м/хв – табличне значення швидкості [7];

$K_{PI} = 0,86$  – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал [7];

$K_{CT}=0,8$  – коефіцієнт, що враховує стійкість фрези [7];

$K_{II}=1,2$  – коефіцієнт, що залежить від виду обробки [7];

$K_C = 0,9$  – коефіцієнт, що залежить від використання змащувально-охолоджувального технологічного середовища (ЗОТС) [7];

$K_L=1$  – коефіцієнт, що залежить від глибини різання [7].

$$V_p = 31,8 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 0,86 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 23 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \quad (1.26)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 23}{3,14 \cdot 152} = 50,8 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по верстату:  $n=50$  об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (1.27)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 152 \cdot 50}{1000} = 23 \text{ м/хв}$$

Розрахунок режимів різання при розточуванні проводимо аналогічно та заносимо в таблицю 1.5.

Розраховуємо основний машинний час:

$$t_o = \frac{(l+l_{вр}+l_{пер}) \cdot i}{S \cdot n}, \text{ хв} \quad (1.28)$$

де  $l$  – довжина різання, мм;

$l_{пер}$  – величина перебігу, мм;

$l_{вр}$  – величина врзання, мм;

$i=2$  – кількість проходів.

$$t_o = \frac{2 + 63 + 2}{50 \cdot 0,2} \cdot 2 + \frac{2 + 2 + 21}{130 \cdot 0,2} \cdot 2 = 15,4 \text{ хв}$$

Допоміжний час:

$$t_{доп} = t_{в.у} + t_{м.в} \quad (1.29)$$

де  $t_{в.у}$  – час на встановлення та зняття деталі,  $t_{в.у}=0,4$  хв [8];

$t_{м.в}$  – час допоміжних ходів верстата,  $t_{м.в}=0,23$  хв [8].

$$t_{доп} = 0,4 + 0,23 = 0,63 \text{ хв};$$

Оперативний час:

$$t_{оп} = t_o + t_{доп} \quad (1.30)$$

$$t_{оп} = 15,4 + 0,63 = 16,03 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час:

$$t_{шт} = t_{оп} + \frac{(\alpha_{обсл} + \alpha_{отд}) \cdot t_{оп}}{100} \quad (1.31)$$

де  $\alpha_{обсл}$ ,  $\alpha_{отд}$  – відсоток часу від оперативного обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби,  $\alpha_{обсл} + \alpha_{отд} = 8\%$ . [8].

$$t_{\text{шт}} = 16,03 + \frac{8 \cdot 16,03}{100} = 17,3 \text{ хв}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n} \quad (1.32)$$

де  $T_{\text{п.з}}$  – підготовчо-заключний час,  $T_{\text{п.з}}=25$  хв.

$$t_{\text{шт-к}} = 17,3 + \frac{25}{60} = 17,7 \text{ хв}$$

### 1.6.2 Операція 070 – шліфувальна

Шліфування виконується на круглошліфувальному верстаті моделі 3А151. Інструмент: шліфувальний круг 1 600х63х305 15А 40Н СТ1 6 К8 А 50м/с ГОСТ 2424-83 [6]. Пристосування: оправка, центр, хомутик повідковий. Операційний ескіз зображено на рис. 1.6.

Технічні характеристики верстата:

- 1) найбільший діаметр оброблюваної заготовки – 200 мм;
- 2) найбільша довжина оброблюваної заготовки – 700 мм;
- 3) частота обертання круга – 1272 об/хв;
- 4) частота обертання шпинделя (безступінчаста) – 63...400 об/хв;
- 5) потужність – 7,5 кВт.

Припуск на обробку  $Z=0,2$  мм

Так як ширина круга більше ширини шліфування то повздовжня подача не використовується.

Подача радіальна; розраховуємо по формулі (1.24):

де  $S_{0T}$  – табличне значення подачі,  $S_{0T} = 0,018$  мм/об [6];

де  $K_D$  – коефіцієнт враховуючий діаметр круга,  $K_D = 0,42$  [6];

$K_R$  – коефіцієнт враховуючий радіус галтелі,  $K_R=0,85$  [6];

$K_T$  – коефіцієнт враховуючий стійкість круга,  $K_T = 1,0$  [6];

$K_h$  – коефіцієнт враховуючий припуск на обробку,  $K_h = 1,0$  [6];

$K_{IT}$  – коефіцієнт враховуючий квалітет виконання розміру,  $K_{IT}=0,5$  [6];

$K_M$  – коефіцієнт враховуючий матеріал деталі,  $K_M = 1,0$  [6].

$$S = 0,018 \cdot 0,42 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1 = 0,0032 \text{ мм/об}$$

Обираємо з паспорту верстату:  $S=0,0025$  мм/об.

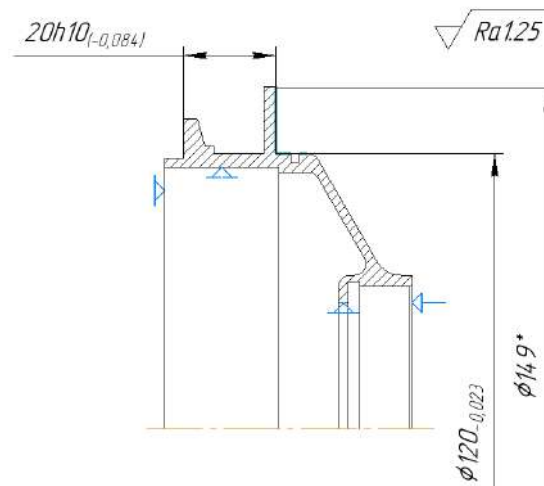


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз

Табличне значення швидкості обертання деталі –  $V_{ш.дет.}=50$  м/хв [6];

Частоту обертання розраховуємо за формулою (1.26):

$$n_{дет.}^p = \frac{1000 \cdot 50}{3,14 \cdot 149} = 106 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортом верстату  $n_{ш.кр.}=1272$  об/хв,  $n_{дет.}=100$  об/хв.

Фактичну швидкість різання шліфувального круга розраховуємо за формулою (1.33), для деталі – за формулою (1.27):

$$V_{\text{ш.кр.}} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60} \quad (1.33)$$

$$V_{\text{ш.кр.}} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1272}{1000 \cdot 60} = 40 \text{ м/с}$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 149 \cdot 100}{1000} = 47 \text{ м/хв}$$

Визначаємо основний час [7]:

$$t_o = \frac{z \cdot k}{n_{\text{дет}} \cdot S_{\text{поп}}}, \text{ хв} \quad (1.34)$$

де  $k=1,7$  – коефіцієнт уточнення.

$$t_o = \frac{0,2 \cdot 1,7}{100 \cdot 0,0025} = 1,36 \text{ хв}$$

Допоміжний час за формулою (1.29):

де  $t_{\text{в.у}}$  – час на встановлення та зняття деталі,  $t_{\text{в.у}}=0,3$  хв [8];

$t_{\text{м.в}}$  – час допоміжних ходів верстата,  $t_{\text{м.в}}=0,4$  хв [8].

$$t_{\text{доп}} = 0,3 + 0,4 = 0,7 \text{ хв};$$

Оперативний час за формулою (1.30):

$$t_{\text{оп}} = 1,36 + 0,7 = 2,06 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час за формулою (1.31):

де  $\alpha_{\text{обсл}}$ ,  $\alpha_{\text{отд}}$  – відсоток часу від оперативного обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби,  $\alpha_{\text{обсл}} + \alpha_{\text{отд}} = 8\%$  [8].

$$t_{\text{шт}} = 2,06 + \frac{8 \cdot 2,06}{100} = 2,22 \text{ хв}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою (1.32):

де  $T_{\text{п.з}}$  – підготовчо-заклучний час,  $T_{\text{п.з}}=27$  хв.

$$t_{\text{шт-к}} = 2,22 + \frac{27}{60} = 2,67 \text{ хв}$$

### 1.6.3 Операція 060 – свердлильна

Для свердління отворів обираємо радіально-свердлильний верстат моделі 2М112. Для свердління отвору обираємо свердло спіральне, діаметром 2,8 мм із швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73. Операційний ескіз зображено на рис. 1.7.

Технічні характеристики верстата:

- 1) Найбільший діаметр свердління – 12 мм;
- 2) Ход шпинделю – 100мм;
- 3) Конус в отворі шпинделя – В18;
- 4) Число швидкостей шпинделя – 5;
- 5) Частота обертання шпинделя – 450...4500 об/хв;
- 6) Подача інструменту – ручна;
- 7) Потужність електродвигуна головного руху – 0,55 кВт.

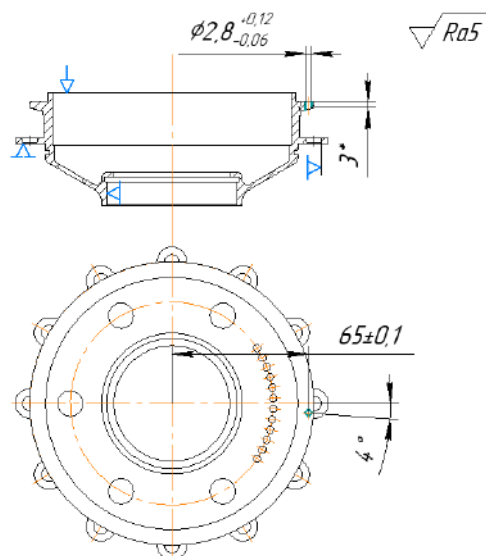


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз

Глибина різання  $t$ , мм розраховується за формулою:

$$t = \frac{D_{\text{св}}}{2} \quad (1.35)$$

$$t = \frac{2,8}{2} = 1,4 \text{ мм}$$

Подача розраховується за формулою (1.24):

де  $S_{0T} = 0,15$  мм/об – табличне значення подачі, [7];

$K_{SI} = 0,9$  – коефіцієнт, що враховує матеріал свердла [7];

$K_{SZ} = 0,9$  – коефіцієнт, що враховує заточку свердла [7];

$K_{SI} = 0,9$  – коефіцієнт, що враховує довжину свердла [7];

$K_{SM} = 0,6$  – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу [7].

$$S_0 = 0,15 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,6 = 0,05 \text{ мм/об}$$

Розраховуємо швидкість різання (1.25):

де  $V_T = 45,7$  м/хв – табличне значення швидкості різання [7];

$K_{Vc} = 0,8$  – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал, [7];

$K_{Vi} = 1$  – коефіцієнт, що враховує матеріал фрези, [7];

$K_{VT} = 0,7$  – коефіцієнт, що враховує період стійкості інструмента [7];

$K_{Vj} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує довжину свердла [7];

$K_{Vo} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні [7];

$K_{Vж} = 0,8$  – коефіцієнт, що враховує роботу з охолодженням [7].

$$V = 45,7 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 20 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.26):

$$n = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 2,8} = 2274 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата:  $n_d=2000$  об/хв.

Дійсну швидкість різання розраховуємо за формулою (1.27):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 2,8 \cdot 2000}{1000} = 17,5 \text{ м/хв}$$

Визначення машинного часу:

$$t_o = \frac{l+l_2+l_1}{nS} \cdot n, \text{ хв} \quad (1.36)$$

де  $l$  – довжина свердління, мм;

$l_2=2$  мм – величина перебігу, мм;

$l_1$  – величина врзання, мм;

$n=1$  – кількість отворів.

$$l_1 = \frac{D_{CB}}{2tg60}, \text{ мм} \quad (1.37)$$

$$l_1 = \frac{2,8}{2tg60} = 0,8 \text{ мм};$$

$$t_o = \frac{3+0,8+2}{0,05 \cdot 2000} \cdot 1 = 0,06 \text{ хв.}$$

Допоміжний час за формулою (1.29):

де  $t_{в.у}$  – час на встановлення та зняття деталі,  $t_{в.у}=0,5$  хв [8];

$t_{м.в}$  – час допоміжних ходів верстата,  $t_{м.в}=0,15$  хв [8].

$$t_{доп} = 0,5+0,15=0,65 \text{ хв};$$

Оперативний час за формулою (1.30):

$$t_{оп} = 0,06+0,65=0,71 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час за формулою (1.31):

де  $\alpha_{\text{обсл}}$ ,  $\alpha_{\text{отд}}$  – відсоток часу від оперативного обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби,  $\alpha_{\text{обсл}} + \alpha_{\text{отд}} = 8\%$ . [8].

$$t_{\text{шт}} = 0,71 + \frac{8 \cdot 0,71}{100} = 0,77 \text{ хв}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою (1.32):

де  $T_{\text{п.з}}$  – підготовчо-заклучний час,  $T_{\text{п.з}} = 18 \text{ хв}$ .

$$t_{\text{шт-к}} = 0,77 + \frac{18}{60} = 1,07 \text{ хв}$$

Результати розрахунку режимів різання для решти операцій приведено в таблиці 1.5, а норм часу в таблиці 1.6.

Таблиця 1.5 – Результати розрахунку режимів різання

Номер та назва операції	Номер переходу	Режими різання				
		глибина різання $t$ , мм	кіль- кість прохо- дів $i$	подача $S$ , мм/об	швидкість різання $V$ , м/хв	частота обертів шпинделя $n$ , об/хв
1	2	3	4	5	6	7
015 Токарна з ЧПК	01	1	2	0,2	23	50
	02	1	2	0,2	22	130
020 Токарна з ЧПК	01	1	2	0,2	20	50
	02	1	2	0,2	23	70
	03	1	2	0,2	22	70
	04	1	2	0,2	21	100
025 Токарна з ЧПК	01	0,5	2	0,1	20	50
	02	2	1	0,05	22	100
	03	0,5	2	0,1	20	130
	04	2,5	1	0,05	21	130
030 Токарна з ЧПК	01	0,5	2	0,1	22	55
	02	0,5	2	0,1	22	100
	03	0,5	2	0,1	22	150
035 Токарна з ЧПК	01	0,5	2	0,1	23	50
040 Токарна з ЧПК	01	0,3	2	0,05	25	60
045 Токарна з ЧПК	01	0,3	2	0,05	25	50
	02	0,3	2	0,05	25	130
055 Фрезерна з ЧПК	01	1,5	3	50	18	400
	02	3,5	12	0,1	15	680

## Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7
	03	6	5	0,2	15	400
	04	1,75	12	0,05	15	1300
060 Свердлильна	01	1,4	1	0,05	17,5	2000
065 Круглошліфувальна	01	0,2	1	0,0025	47/40	100/1272
070 Круглошліфувальна	01	0,2	1	0,0025	47/40	100/1272

Таблиця 1.6 – Зведена таблиця норм часу

Номер та назва операції	$t_o$ , ХВ	$t_{доп}$ , ХВ	$t_{дод}$ , ХВ	$t_{шт}$ , ХВ	$t_{пз}$ , ХВ	$t_{шт-к}$ , ХВ
015 Токарна з ЧПК	15,4	0,63	1,28	17,30	25	17,70
020 Токарна з ЧПК	25	0,63	2,05	27,68	25	28,10
025 Токарна з ЧПК	22	0,63	1,81	24,44	25	24,86
030 Токарна з ЧПК	18	0,63	1,49	20,12	25	20,54
035 Токарна з ЧПК	5	0,63	0,45	6,08	25	6,50
040 Токарна з ЧПК	3	0,63	0,29	3,92	25	4,34
045 Токарна з ЧПК	8	0,63	0,69	9,32	25	9,74
055 Фрезерна з ЧПК	32,7	0,8	2,68	36,18	27	36,63
060 Свердлильна	0,06	0,65	0,06	0,77	18	1,07
065 Круглошліфувальна	1,5	0,7	0,18	2,38	27	2,83
070 Круглошліфувальна	1,36	0,7	0,16	2,22	27	2,67

## 1.7 Розробка керуючої програми на фрезерну операцію з ЧПК

На фрезерну операцію з ЧПК №055 керуючу програму (КП) розробимо за допомогою програми NX CAM. Перед початком розробки КП було створено в модулі CAD моделі деталі на попередній та поточній операціях (рис. 1.8), що сформувало умовний шар матеріалу, що видаляється на даній операції.

Наступний етап – вибір в базі програми необхідного інструменту (рис. 1.9), визначення системи координат деталі та визначення заготовки.

Далі було створено чотири переходи обробки: фрезерування периферії фланцю, свердління отворів  $\varnothing 7$ ,  $\varnothing 12$ ,  $\varnothing 3,5$ , обробка фасок. Завдано всі необхідні параметри обробок та згенеровано траєкторії руху інструментів (рис. 1.10).

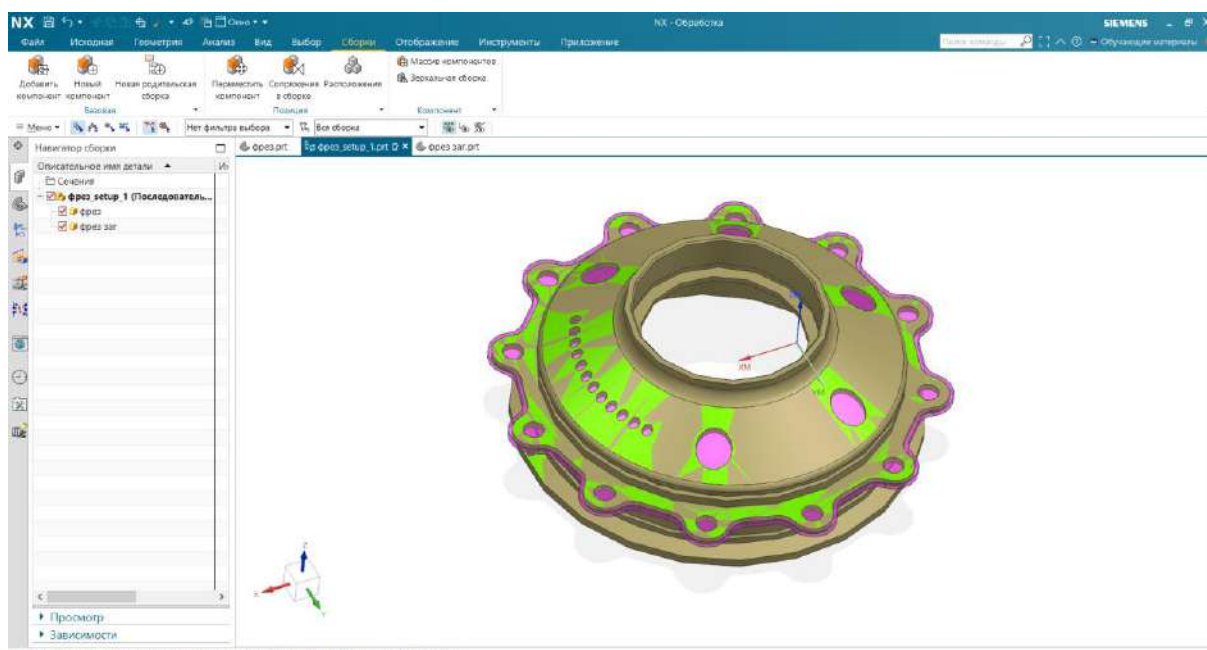


Рисунок 1.8 – Створення моделей

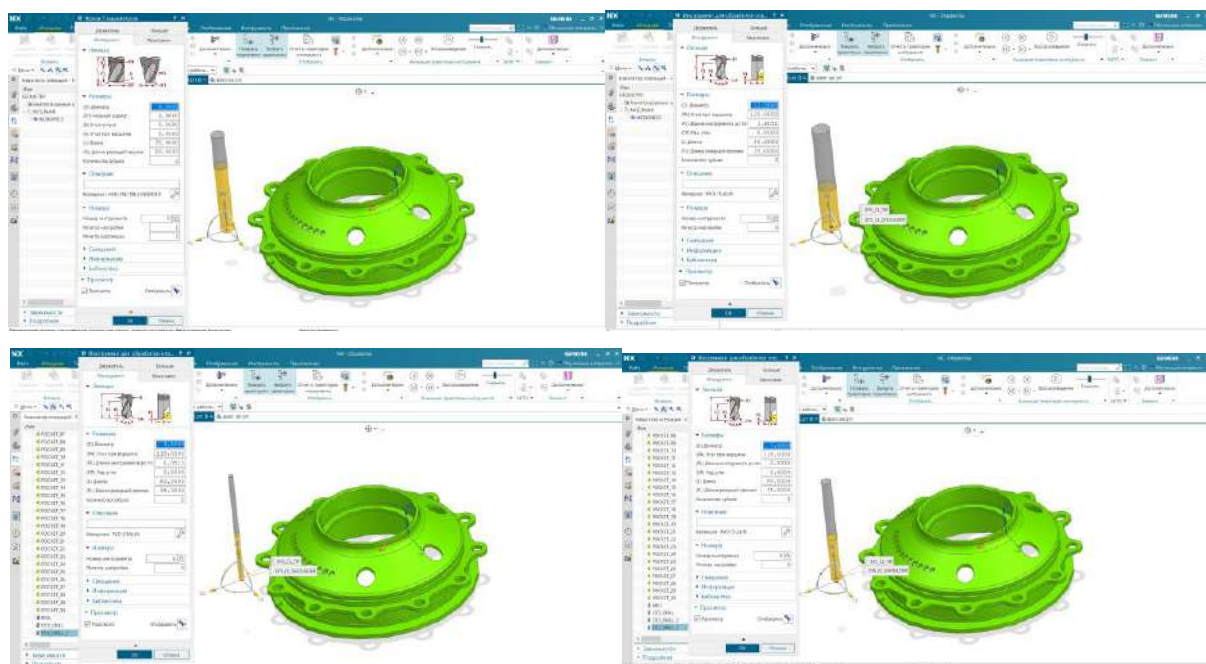


Рисунок 1.9 – Створення інструменту

Після перевірки траєкторій було проведено симуляцію переходів обробки (рис. 1.11) та згенеровано код КП.

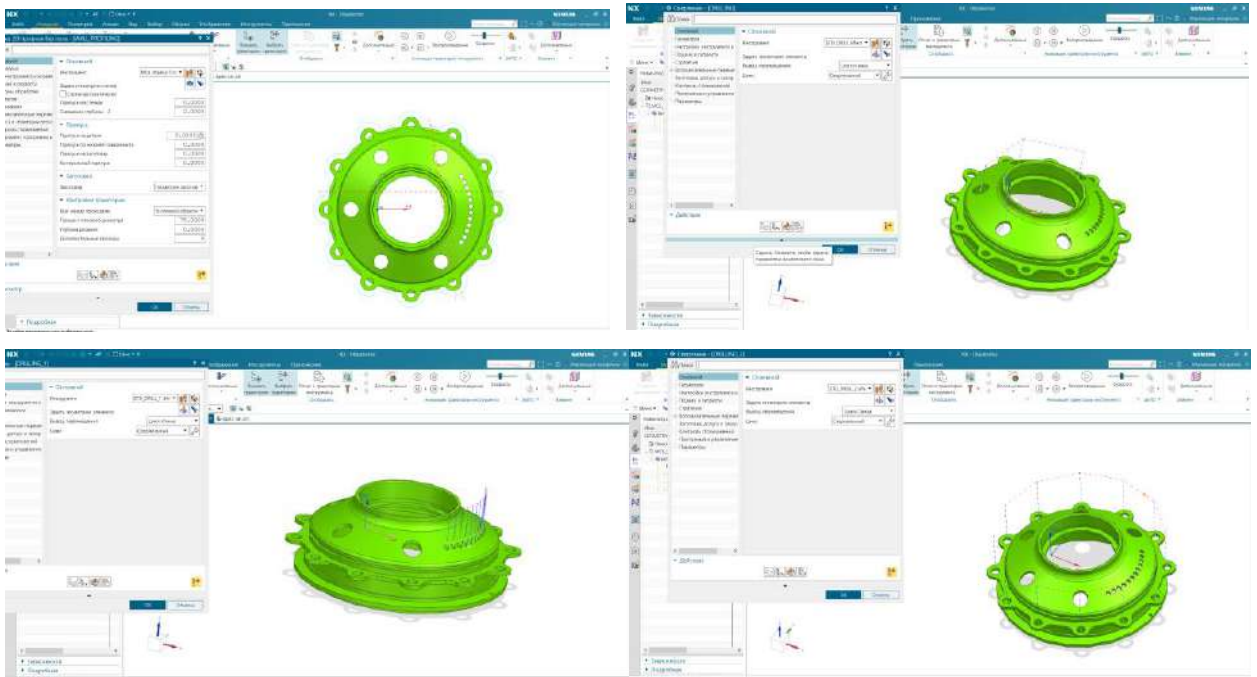


Рисунок 1.10 – Траекторія руху інструментів

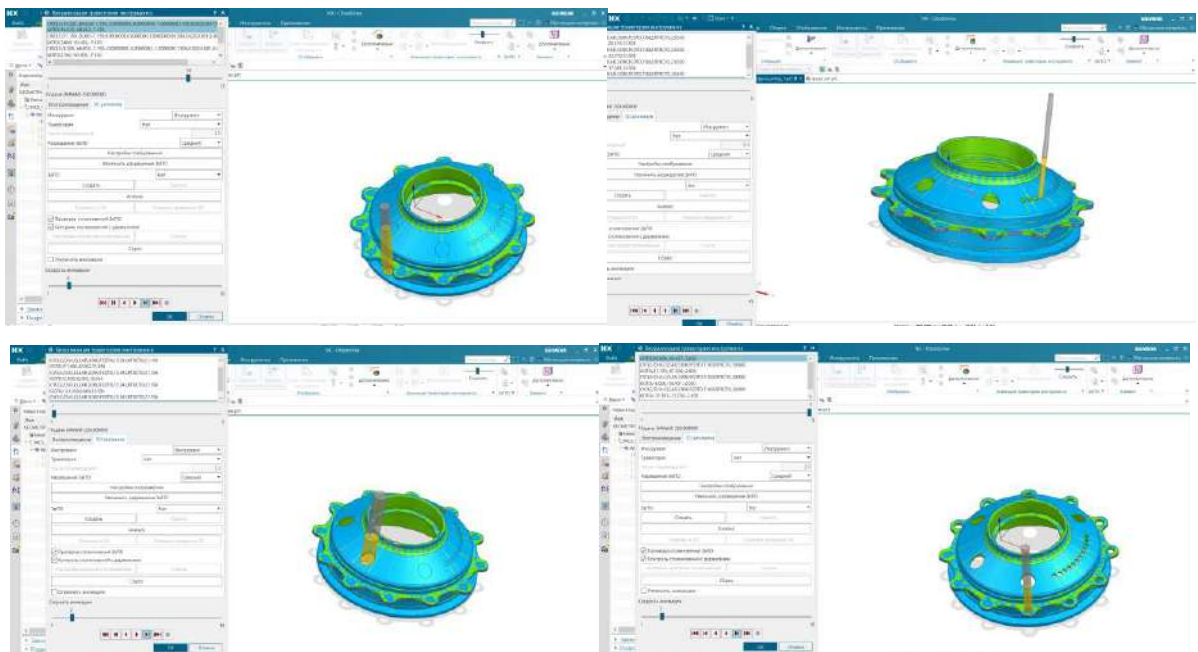


Рисунок 1.11 – Симуляція обробки

## 2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 2.1 Проектування робочого пристосування

#### 2.1.1 Конструкція та принцип роботи

При вдосконаленні ТП було розроблено робоче пристосування (рис. 2.1), яке призначено для базування та закріплення деталі під час обробки (фрезерування, свердління). Оброблювана деталь встановлюється в робоче пристосування в отвір основи 3, закріпленої в корпусі 1. Центрується по зовнішньому діаметру  $\text{Ø}118,1_{-0,054}$  і впирається в торець. Зверху одягається прижим 2 та швидкозйомна шайба 12. В пневмоциліндр, встановлений у корпусі 1, надходить повітря під тиском. Поршень 5 та шток 4 рухаються донизу та тягнуть за собою прижим 2, який у свою чергу закріплює деталь. Після закінчення обробки шток 4 та поршень 5 пневмоциліндра переміщується вгору і звільняє оброблену деталь.

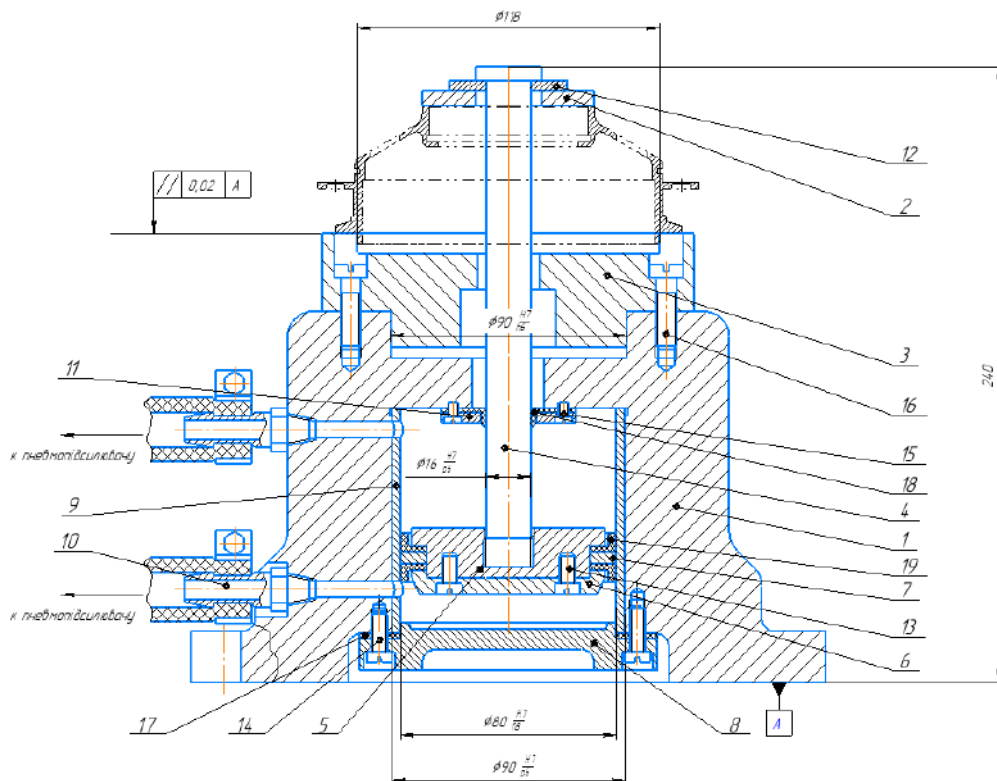


Рисунок 2.1 – Робоче пристосування

### 2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення

Похибка встановлення виражає похибку положення заготовки і розраховується за формулою [9]:

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{баз}}^2 + \varepsilon_{\text{зак}}^2} \quad (2.1)$$

де  $\varepsilon_{\text{баз}}$  – похибка базування;

$\varepsilon_{\text{закр}}$  – похибка закріплення

Деталь встановлюється по шийці  $\varnothing 118,1_{-0,054}$  (рис. 2.2).

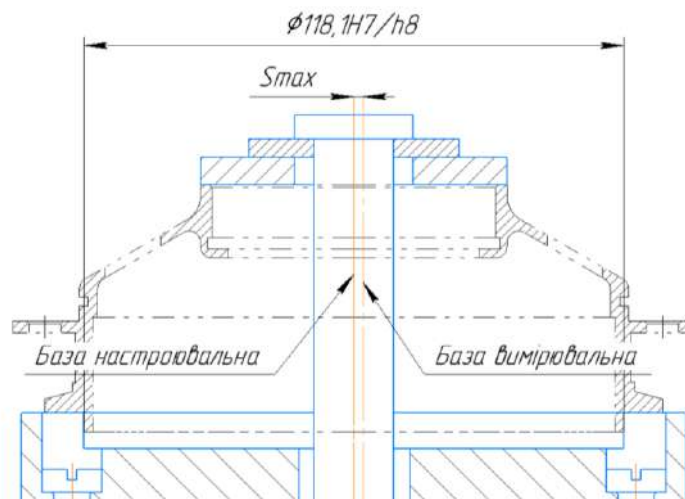


Рисунок 2.2 – Схема установки

Похибка базування розраховується за формулою:

$$\varepsilon_{\text{баз}} = S_{\text{max}}/2 \quad (2.2)$$

де  $S_{\text{max}}$  – максимальний зазор у з'єднанні.

$$S_{\text{max}} = D_{\text{max}} - d_{\text{min}} \quad (2.3)$$

де  $D_{\text{max}}$ ,  $d_{\text{min}}$  – конструктивні розміри.

$$S_{\text{max}} = 118,035 - 117,946 = 0,1 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{\text{баз}} = 0,1/2 = 0,05 \text{ мм}$$

Похибку закріплення визначаємо залежно від напрямку сили закріплення. Так як напрямок розміру обробки та сили закріплення взаємоперпендикулярні, то  $\varepsilon_{\text{зак}} = 0$ .

Похибка встановлення згідно формули (2.1):

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{0,1^2 + 0} = 0,1 \text{ мм}$$

### 2.1.3 Розрахунок необхідної сили затискування деталі у пристосуванні

Ефективність затиску багато в чому залежить від напрямку та місця застосування сили. Схема розрахунку сили затиску представлена на рис. 2.3.

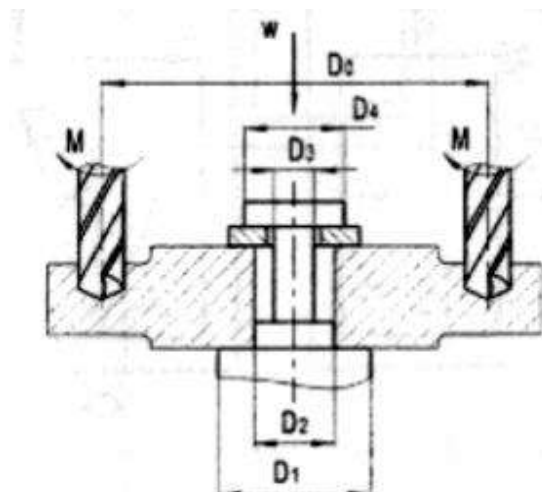


Рисунок 2.3 – Схема визначення сили закріплення [9]

Дійсна сила затиску дорівнює [10]:

$$W_{\text{д}} = \frac{3 \cdot M_{\text{кр}} \cdot \kappa}{f \left[ \left( \frac{D_1^3 - D_2^3}{D_1^2 - D_2^2} \right) + \left( \frac{D_3^3 - D_4^3}{D_3^2 - D_4^2} \right) \right]} \quad (2.4)$$

де  $D_3=67$  мм,  $D_4=62$  мм, где  $D_1=135$  мм,  $D_2=118,1$  мм – конструктивні розміри.

$f = 0,15$  – коефіцієнт тертя;

$k$  – коефіцієнта запасу, що визначається залежно від умов обробки;

$M_{кр}$  – крутний момент для свердління, Н·м;

$D_3=18$ мм,  $D_4=42$ мм,  $D_1=21,5$ мм,  $D_2=30$ мм – конструктивні розміри;

$f = 0,15$  – коефіцієнт тертя.

$$M_{кр} = 10 C_m D^q S^y K_p \quad (2.5)$$

де  $C_m=0,0345$ ,  $q=2$ ,  $y=0,8$ ,  $K_p=1$  – коефіцієнти.

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 12^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1,03 = 11,6 \text{ Н·м}$$

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6; \quad (2.6)$$

де  $k_0=1,5$  – гарантований коефіцієнт запасу [10];

$k_1=1$  – коефіцієнт нерівномірності сил різання через непостійність припуску, що знімається при обробці [10];

$k_2=1,15$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструменту [10].

$k_3=1$  – коефіцієнт, що враховує переривчастість різання [10];

$k_4=1$  – коефіцієнт, що враховує непостійність сил затиску, що розвиваються приводами [10];

$k_5=1$  – коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток [10];

$k_6=1,5$  – коефіцієнт невизначеності положення місць контакту [10].

$$k = 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 2,58.$$

$$W_{\partial} = \frac{3 \cdot 2,58 \cdot 11,6}{0,15 \left[ \left( \frac{135^3 - 118,5^3}{135^2 - 118,5^2} \right) + \left( \frac{67^3 - 61,5^3}{67^2 - 61,5^2} \right) \right]} = 523 \text{ Н}$$

Мінімальний діаметр штока [9]:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \alpha \cdot W}{\pi \cdot [\sigma]}} \quad (2.7)$$

де  $p=0,4...0,6$  МПа – тиск в пневмосистемі [9];

$\alpha=2,25$  – коефіцієнт затягування [9];

$[\sigma]=100$  МПа – допустиме напруження на розтяг для сталі 40Х [1].

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 523}{3,14 \cdot 100}} = 13 \rightarrow 16 \text{ мм} \quad (2.8)$$

Діаметр циліндра [9]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 7344}{3,14 \cdot 5 \cdot 0,85}} + 32^2 = 58 \rightarrow 63 \text{ мм} \quad (2.9)$$

де  $\eta = 0,85...0,9$  – коефіцієнт корисної дії (ККД), що враховує втрати на тертя [9].

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 16}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,85}} + 16^2 = 68 \text{ мм}$$

Приймаємо найближче більше значення розміру циліндру згідно ГОСТ 6540-68 – 80мм.

## 2.2 Проектування контрольного пристосування

### 2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Під час контролю перевіряють радіальне биття  $\varnothing 120$  відносно бази А –  $\varnothing 118$ . Деталь в контрольному пристосуванні (рис. 2.4) базується роликami по  $\varnothing 118$ , встановленими в корпусі під кутом  $90^\circ$ , та впирається торцем в чотири установчі пальці. Пристосування являє собою корпус, на якому встановлено штангу з індикаторним годинником. Вимірювання биття проводиться

індикаторним годинником шляхом обертання деталі. Дані особливості пристрою дозволяють легко здійснювати його переналагодження.

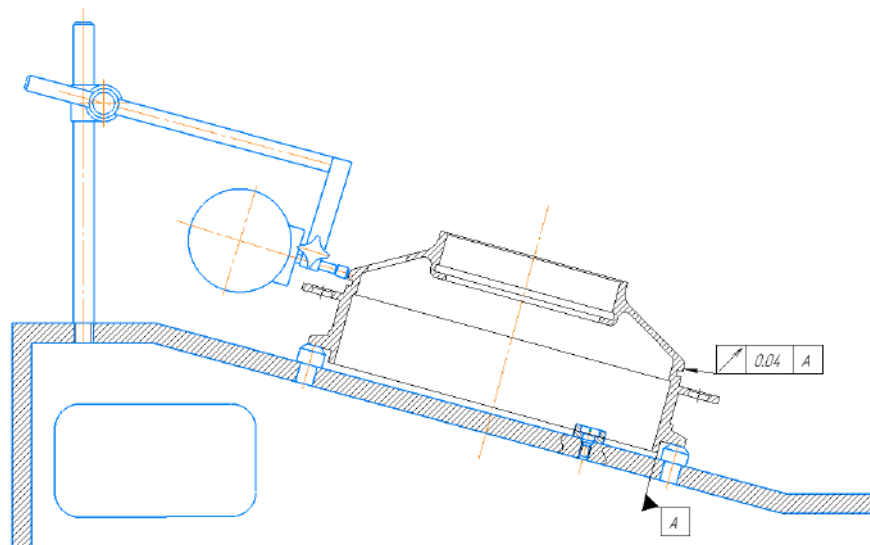


Рисунок 2.4 – Ескіз контрольного пристосування

### 2.3 Розрахунок деталі на міцність

Розрахунок на міцність деталі «Перехідник» було виконано за допомогою програмного продукту NX CAE. Оцінку міцності деталі було отримано на основі порівняння розрахункового коефіцієнту запасу міцності з довідковим.

Коефіцієнт запасу міцності по напруженням визначається за наступною формулою:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{max}} = 1,5 \dots 3 \quad (2.10)$$

де  $[\sigma]=800$  МПа– допустиме значення границі міцності ВТ5Л [1];

$\sigma_{max}$  – максимальні розрахункові напруження.

Для деталі «Перехідник» (рис. 2.5) небезпечними місцями є кути переходу від циліндричних шийок до фланців. Під час експлуатації у вузлі в отвір деталі встановлюється підшипник, який створює радіальні навантаження 2000 Н. При цьому сама деталь у вузлі закріплюється по 12 отворам  $\varnothing 7$  мм у фланці.

Для розрахунку спочатку деталь було розбито на сітку кінцевих елементів (рис. 2.6) та накладені обмеження (рис. 2.7), тобто закріплення і навантаження.

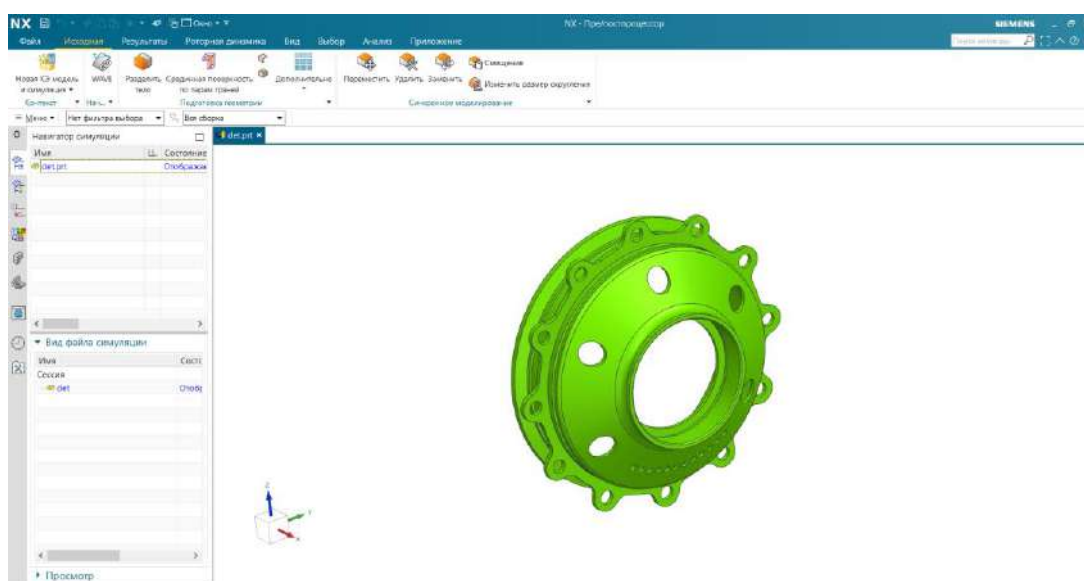


Рисунок 2.5 – Модель деталі

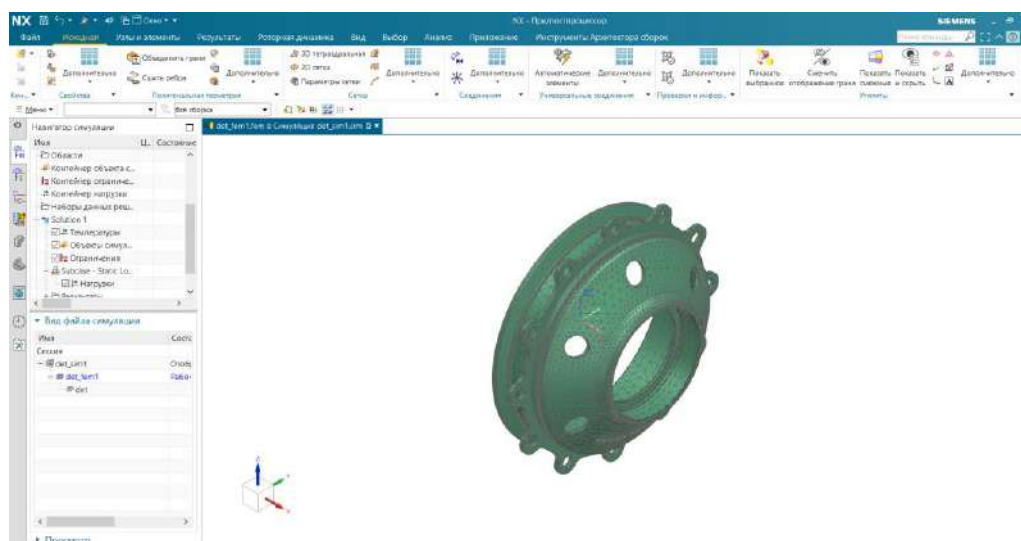


Рисунок 2.6 – 3D-модель, розбита на сітку кінцевих елементів

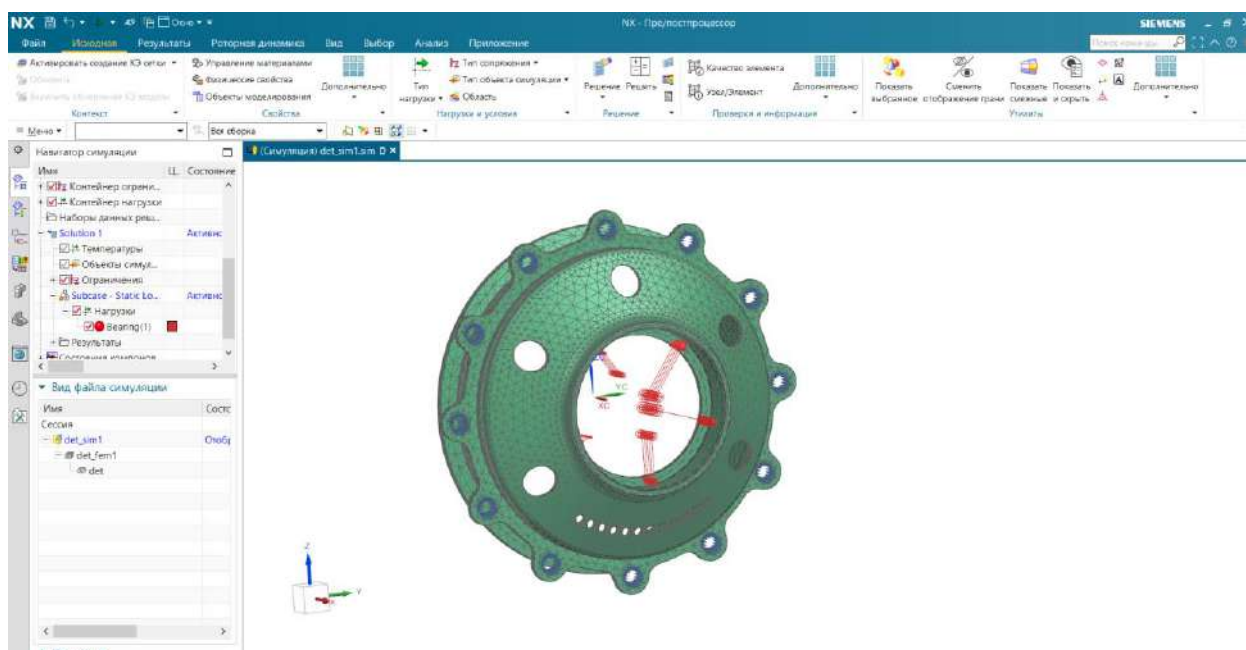


Рисунок 2.7 – 3D-модель з накладеними обмеженнями

Після розрахунку деталі на міцність було отримано картину розподілення і діаграму напружено-деформованого стану (рис. 2.8). Максимальне значення напруження виявилось на переході циліндричної шийки, в якій закріплено підшипник, в конусну поверхню деталі. Максимальне напруження становило 321,96 МПа.

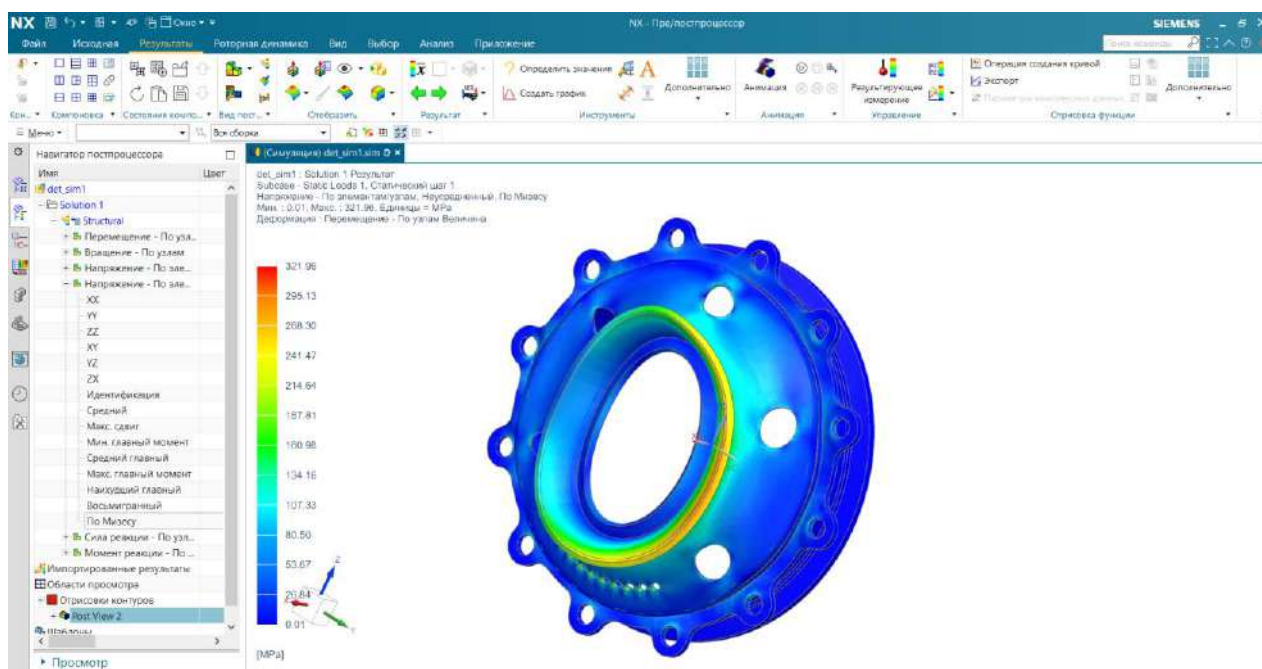


Рисунок 2.11 – Розподіл напружень

По отриманому максимальному значенню напруження зробимо перевірку коефіцієнту запасу міцності згідно формули (2.10):

$$k = \frac{800}{321,96} = 2,48$$

Запас міцності деталі «Перехідник» становить більше ніж у 2 рази допустимих значень, тому конструкцію деталі, її розміри та навантаження можна вважати прийнятими.

### 3 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

При вдосконаленні ТП виготовлення деталі «Перехідник» було розроблено планування дільниці. Для цього було розраховано річну верстатоемність для кожної операції за формулою:

$$T_j = t_{ш-к_j} \cdot N \quad (3.1)$$

Результати розрахунку за формулою (3.1) приведено в таблиці 3.1.

Розраховуємо кількість верстатів, необхідних для виконання операцій за формулою:

$$S_{pj} = \frac{\sum_{j=1} t_{ш-к_j} \cdot N_j}{F_g \cdot m \cdot 60} \quad (3.2)$$

де  $F_g \cdot m$  – фонд часу роботи верстата за рік.

Результати розрахунку за формулою (3.2) приведено в таблиці 3.1.

Значення розрахункової кількості верстатів ( $S_p$ ) округлюємо до більшого цілого значення і приймаємо його ( $S_n$ ) для подальших розрахунків.

Коефіцієнт завантаження верстата визначаємо за формулою:

$$K_{3j} = \frac{S_p}{S_n} \quad (3.3)$$

Результати розрахунку за формулою (3.3) приведено в таблиці 3.1.

Визначаємо середній коефіцієнт завантаження верстатів за формулою:

$$\overline{K_3} = \frac{\sum S_p}{\sum S_n} \quad (3.4)$$

$$\overline{K_3} = \frac{3.23}{11} = 0,29$$

Таблиця 3.1 – Вихідні дані та результати розрахунку необхідної кількості технологічного обладнання та його завантаження

Параметри	Номер операції										
	015	020	025	030	035	040	045	055	060	065	070
	Модель верстата										
	HAAS ST10	HAAS ST10	HAAS ST10	HAAS ST10	HAAS ST10	HAAS ST10	HAAS ST10	HAAS VF-1	2M112	3A151	3A151
$t_{u-k}$	17,70	28,10	24,86	20,54	6,50	4,34	9,74	36,63	1,07	2,83	2,67
$T$	88500	140500	124300	102700	32500	21700	48700	183150	5350	14150	13350
$S_P$	0,37	0,59	0,52	0,43	0,14	0,09	0,20	0,76	0,02	0,06	0,06
$S_n$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$K_3$	0,37	0,59	0,52	0,43	0,14	0,09	0,20	0,76	0,02	0,06	0,06

Розраховуємо кількість деталей-операцій, що виконуються на технологічній лінії обробки деталей «Перехідник»:  $O=11$  деталей-операцій.

Призначаємо багатOVERстатну обробку на токарній групі верстатів з ЧПК (операції 015...045). Максимальне значення основного часу буде на операції 020 – 25 хв.

Розрахуємо кількість верстатів, яка може обслужити один оператор, за формулою:

$$m_s = \frac{t_{o \max} + t_{\text{доп}}}{t_{\text{доп}} + t_{\text{пер}}} \quad (3.5)$$

де  $t_{o \max}$  – максимальний основний час на верстатах, об'єднаних в багатOVERстатну зону обслуговування, хв;

$t_{\text{пер}}=0,15$  хв – час на перехід від верстата до верстата.

$$m_s = \frac{25 + 0,63}{2,56 + 0,15} = 9,45$$

Число операторів у зоні обслуговування розраховуємо за формулою:

$$R_j = \frac{\sum S_n}{m_{sj}} \quad (3.6)$$

$$R_1 = \frac{7}{9,45} = 0,74$$

Згідно розрахунків призначаємо для роботи на 7 верстатах одного оператора. Таким чином, для обслуговування 11 верстатів необхідно 5 робочих операторів.

Через те, що середній коефіцієнт завантаження верстатів досить малий (0,29, то дільницю виробництва деталей «Перехідник» необхідно завантажити типовими деталями до рівня  $\overline{K_3} > 0,85$ .

#### 4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

При розробці вдосконаленого ТП виготовлення деталі «Перехідник» було оцінено очікувану економічну ефективність заходів за рахунок порівняння обробки на універсальних токарно-гвинторізних з обробкою на токарних верстатах з ЧПК згідно таблиці 4.1. Оцінку очікуваної економічної ефективності заходів виконано згідно [11].

Визначимо заробітну плату основних виробничих робітників по формулі [11]:

$$Z_o = \frac{\sum_{i=1}^{m_{оп}} t_{шт-кі} \cdot C_{тар} \cdot K_{б} \cdot k_{доп} \cdot k_{соц}}{60} \quad (4.1)$$

де  $m_{оп}$  – кількість операцій у технологічному процесі;

$t_{шти}$  – норма штучного часу виконання  $i$ -ої операції, год;

$C_{тар}$  – годинна тарифна ставка виробничого робітника на операції, грн/год;

$K_{б}=0,39$  – коефіцієнт, що враховує оплату основного робітника при багатOVERстатному обслуговуванні;

$k_{доп} = 1,2$  – коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату;

$k_{соц} = 1,4$  – коефіцієнт, що враховує страхові внески.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.2, 4.3.

Визначимо заробітну плату наладчиків верстатів ЧПК за формулою [11]:

$$Z_o = \frac{\Phi_p \cdot C_{тар.н} \cdot Ч_n \cdot k_{доп} \cdot k_{соц}}{N} \quad (4.2)$$

де  $C_{тар.н}$  – годинна тарифна ставка, грн;

$Ч_n$  – чисельність робітників відповідної категорії, чол;

$\Phi_p = 2096$  год – річний фонд часу одного.

$m_{оп}$  – кількість операцій у технологічному процесі.





Визначимо амортизаційні відрахування на обладнання за формулою [11]:

$$A_{\text{від}} = \sum_{i=1}^{m_{\text{оп}}} \frac{K_i \cdot H_{ai} \cdot t_{\text{шт-кі}}}{100 \cdot F_d \cdot 60} \quad (4.3)$$

де  $K_i$  – первісна вартість обладнання на  $i$ -ої операції, грн;

$H_{ai}$  – річна норма амортизаційних відрахувань на обладнання на  $i$ -ої операції, %.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.5, 4.6.

Таблиця 4.5 – Відрахування на амортизацію обладнання за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{\text{шт}}$ , хв	К, грн	На, %	$F_d$	$A_{\text{від}}$ , грн
010	Токарна	32	126160	14,2	4015	2,38
015	Токарна	35	126160	14,2	4015	2,60
020	Токарна	22	126160	14,2	4015	1,64
025	Токарна	25	126160	14,2	4015	1,86
030	Токарна	18	126160	14,2	4015	1,34
035	Токарна	20	126160	14,2	4015	1,49
040	Токарна	16	126160	14,2	4015	1,19
					$\Sigma$	12.49

Визначимо витрати на інструмент за формулою [11]:

$$S_{\text{ін}} = \sum_{i=1}^{m_{\text{оп}}} \sum_{j=1}^{n_{\text{ін}}} \frac{C_{\text{ін}ij} \cdot t_{\text{шт}ij} \cdot \eta_{\text{м}}}{T_{ij} \cdot (n_j + 1)} \quad (4.4)$$

де  $C_{\text{ін}ij}$  – ціна інструменту  $j$ -го виду на  $i$ -ої операції, грн/шт;

$t_{\text{шт}ij}$  – штучний час роботи  $j$ -го інструменту на  $i$ -ої операції, хв;

$\eta_{\text{м}}$  – коефіцієнт машинного часу, що визначається як відношення  $t_{\text{маш}}/t_{\text{шт}}$ ;

$T_{ij}$  – період стійкості інструменту  $j$ -го виду на  $i$ -ої операції, хв;

$n_{in}$  – номенклатура інструментів на  $i$ -ої операції;

$n_j$  – число переточок інструменту  $j$ -го виду до повного зношування або кількість ріжучих граней інструменту.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.7, 4.8.

Таблиця 4.6 – Відрахування на амортизацію обладнання за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$ , хв	К, грн	На, %	$F_d$	$A_{від}$ , грн
015	Токарна	17,3	126160	14,2	4015	1,29
020	Токарна	27,68	126160	14,2	4015	2,06
025	Токарна	24,44	126160	14,2	4015	1,82
030	Токарна	20,12	126160	14,2	4015	1,50
035	Токарна	6,08	126160	14,2	4015	0,45
040	Токарна	3,92	126160	14,2	4015	0,29
045	Токарна	9,32	126160	14,2	4015	0,69
					$\Sigma$	8.1

Таблиця 4.7 – Витрати на інструмент за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$ , хв	Найменування інструменту	$C_i$ , грн	$n_{in}$	T, хв	$n_j$	$\eta_{MI}$	$S_{in}$ , грн
010	Токарна	32	Різець підр.	200	2	60	10	0,4	1,94
			Різець розточн	200	2	60	10	0,4	1,94
015	Токарна	35	Різець. прохід.	200	2	60	10	0,4	3,03
			Різець розточн	200	2	60	10	0,4	1,21
020	Токарна	22	Різець. прохід.	200	2	60	10	0,4	1,45
			Різець розточн	200	2	60	10	0,4	1,21
025	Токарна	25	Різець. прохід.	200	2	60	10	0,4	3,03
030	Токарна	18	Різець розточн	200	2	60	10	0,4	2,18
035	Токарна	20	Різець. прохід.	200	2	60	10	0,4	2,42
040	Токарна	16	Різець. прохід.	200	2	60	10	0,4	1,94
								$\Sigma$	20.36

Таблиця 4.8 – Витрати на інструмент за новою технологією

№ опер	Найменування операції	t <sub>шт</sub> , хв	Найменування інструменту	Ц <sub>i</sub> грн	n <sub>ін</sub>	T, хв	n <sub>j</sub>	η <sub>мi</sub>	S <sub>ін</sub> грн
015	Токарна	17.3	Різець розточн	250	2	180	10	0,4	0,51
			Різець. прохід.	250	2	180	10	0,4	0,37
020	Токарна	27.68	Різець розточн	250	2	180	10	0,4	0,86
			Різець. прохід.	250	2	180	10	0,4	0,54
025	Токарна	24.44	Різець розточн	250	2	180	10	0,4	0,71
			Різець. прохід.	250	2	180	10	0,4	0,53
030	Токарна	20.12	Різець. прохід.	250	2	180	10	0,4	0,51
			Різець розточн	250	2	180	10	0,4	0,51
035	Токарна	6.08	Різець. прохід.	250	2	180	10	0,4	0,31
040	Токарна	3.92	Різець. прохід.	250	2	180	10	0,4	0,20
045	Токарна	9.32	Різець. прохід.	250	2	180	10	0,4	0,25
			Різець розточн	250	2	180	10	0,4	0,22
								Σ	5.5

Визначимо витрати на електроенергію за формулою [11]:

$$S_e = \frac{N_B \cdot k_N \cdot k_q \cdot k_{од} \cdot k_w \cdot t_{шт-к}}{\eta \cdot k_B \cdot 60} \cdot C_e \quad (4.5)$$

де  $N_B$  – встановлена потужність головного електродвигуна, кВт;

$k_N$  – середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за потужністю (для верстатів з ЧПК – 0,9, для решти обладнання – 0,8);

$k_q$  – середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за часом (для верстатів з ЧПК – 0,7, для решти обладнання – 0,6);

$k_{од}$  – середній коефіцієнт одночасності роботи всіх електродвигунів верстата (для верстатів з ЧПК – 1, для решти обладнання – 0,6);

$k_w = 1,08$  – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі заводу;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії обладнання;

$k_B$  – коефіцієнт виконання норм часу;

$C_e = 3,45$  грн/кВт×год – вартість електроенергії.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.9, 4.10.

Таблиця 4.9 – Витрати на електроенергію за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	t <sub>шт</sub> , хв	Це грн	N <sub>e</sub> кВт	k <sub>N</sub>	k <sub>ч</sub>	k <sub>од</sub>	k <sub>w</sub>	η <sub>e</sub>	k <sub>в</sub>	S <sub>e</sub> , грн
010	Токарна	32	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	6,36
015	Токарна	35	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	6,96
020	Токарна	22	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	4,37
025	Токарна	25	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	4,97
030	Токарна	18	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	3,58
035	Токарна	20	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	3,97
040	Токарна	16	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	3,18
										Σ	33.38

Таблиця 4.10 – Витрати на електроенергію за новою технологією

№ опер	Найменування операції	t <sub>шт</sub> , хв	Це грн	N <sub>e</sub> кВт	k <sub>N</sub>	k <sub>ч</sub>	k <sub>од</sub>	k <sub>w</sub>	η <sub>e</sub>	k <sub>в</sub>	S <sub>e</sub> , грн
015	Токарна	17,3	3,45	11,2	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	3,50
020	Токарна	27,68	3,45	11,2	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	5,60
025	Токарна	24,44	3,45	11,2	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	4,95
030	Токарна	20,12	3,45	11,2	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	4,07
035	Токарна	6,08	3,45	11,2	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	1,23
040	Токарна	3,92	3,45	11,2	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	0,79
045	Токарна	9,32	3,45	11,2	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	1,89
											22.03

Визначимо витрати на обслуговування та ремонт обладнання за формулою [11]:

$$S_p = \frac{C_{то} \cdot K_p \cdot C_p}{N} \quad (4.6)$$

де  $C_{то}$  – залишкова вартість обладнання, грн

$K_p = 0,02$  – коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.12, 4.13.

Таблиця 4.11 – Витрати на ремонт та обслуговування обладнання за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	Ц <sub>то</sub> , грн	К <sub>р</sub>	С <sub>р</sub>	S <sub>р</sub> , грн
010	Токарна	295680	0,02	0,64	0,76
015	Токарна	295680	0,02	0,64	0,76
020	Токарна	295680	0,02	0,64	0,76
025	Токарна	295680	0,02	0,64	0,76
030	Токарна	295680	0,02	0,64	0,76
035	Токарна	295680	0,02	0,64	0,76
040	Токарна	295680	0,02	0,64	0,76
				Σ	5,3

Таблиця 4.12 – Витрати на ремонт та обслуговування обладнання за новою технологією

№ опер	Найменування операції	Ц <sub>то</sub> , грн	К <sub>р</sub>	С <sub>р</sub>	S <sub>р</sub> , грн
015	Токарна	1524600	0,02	0,78	4,76
020	Токарна	1524600	0,02	0,78	4,76
025	Токарна	1524600	0,02	0,78	4,76
030	Токарна	1524600	0,02	0,78	4,76
035	Токарна	1524600	0,02	0,78	4,76
040	Токарна	1524600	0,02	0,78	4,76
045	Токарна	1524600	0,02	0,78	4,76
				Σ	33.3

Визначимо витрати на налаштування інструментів поза верстатом згідно формули [11]:

$$S_H = \frac{\varphi \cdot C_{ГН} \cdot t_{ин} \cdot t_o \cdot K_T}{T_M \cdot m \cdot 60} \quad (4.7)$$

де  $\varphi = 1,3$  – коефіцієнт, що враховує випадковий спад та поломки інструменту;

$C_{гн}$  – середньогодинна заробітна плата наладчиків, грн./год;

$t_{ін}$  – середній час налаштування одного інструменту поза верстатом ( $t_{ін} = 4$  хв – для токарних верстатів з ЧПК;  $t_{ін} = 5$  хв – для верстатів з ЧПК свердлильної, фрезерної та розточувальної груп). Якщо налаштування інструментів поза верстатом не проводиться,  $t_{ін} = 0$ ; у разі використання на операції кількох ріжучих інструментів, що налаштовуються поза верстатом, розрахунок для кожного інструменту повторюється і результати складаються.

$t_o$  – основний час роботи інструменту на операції, хв;

$K_m$  – коефіцієнт, що враховує питому вагу основного технологічного часу у штучному часі;

$T_m$  – середня стійкість інструменту, хв.;

$m$  – число граней ріжучої пластини, що не переточується, з механічним кріпленням, шт.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 – Витрати на налаштування інструментів поза верстатом

№ опер	Найменування операції	Тип інструменту	$t_o$ , хв	$C_{гн}$ , грн/год	$n_i$	$t_{ін}$ , хв	$K_T$	$T_M$	$m$	$S_n$ грн
015	Токарна	Різець розточн	17.3	50,9	6	4	0,9	180	4	0,06
		Різець. прохід.		50,9	6	4	0,9	180	4	0,04
020	Токарна	Різець розточн	27.68	50,9	6	4	0,9	180	4	0,08
		Різець. прохід.		50,9	6	4	0,9	180	4	0,07
025	Токарна	Різець розточн	24.44	50,9	6	4	0,9	180	4	0,07
		Різець. прохід.		50,9	6	4	0,9	180	4	0,09
030	Токарна	Різець. прохід.	20.12	50,9	6	4	0,9	180	4	0,07
		Різець розточн		50,9	6	4	0,9	180	4	0,07
035	Токарна	Різець. прохід.	6.08	50,9	6	4	0,9	180	4	0,04
040	Токарна	Різець. прохід.	3.92	50,9	6	4	0,9	180	4	0,03
045	Токарна	Різець. прохід.	9.32	50,9	6	4	0,9	180	4	0,03
		Різець розточ		50,9	6	4	0,9	180	4	0,03
									$\Sigma$	0,67

Визначимо інші загальновиробничі витрати за формулою [11]:

$$I_H = Z_o \cdot k_{\text{заг}} \quad (4.8)$$

де  $k_{\text{заг}} = 0,20 \dots 0,25$  – коефіцієнт, що враховує інші загальновиробничі витрати, віднесені до заробітної плати основних виробничих робітників.

$$I_{H1} = 326,01 \cdot 0,2 = 59,63 \text{ грн}$$

$$I_{H2} = 213,49 \cdot 0,2 = 42,7 \text{ грн}$$

Розрахуємо технологічну собівартість за формулою [11]:

$$C_T = Z_o + Z_H + A_{\text{від}} + S_{\text{ін}} + S_e + S_p + S_H + I_H \quad (4.9)$$

Узагальнені результати розрахунку технологічної собівартості обробки за двома варіантами наведено у таблиці 4.14.

Таблиця 4.14 – Розрахунок елементів технологічної собівартості, грн.

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Базовий	Вдосконалений
Заробітна плата верстатника	$Z_o$	326,01	213,49
Заробітна плата наладчика	$Z_H$		177,78
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{\text{від}}$	12,49	8,1
Витрати на різальний інструмент	$S_{\text{ін}}$	20,36	5,5
Витрати на електроенергію	$S_e$	33,38	22,03
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	$S_p$	5,3	33,3
Витрати на налаштування інструментів поза верстатом	$S_H$		0,67
Витрати інші	$I_H$	65,2	42,7
Технологічна собівартість	$C_T$	503,57	462,74

Розрахуємо умовний економічний ефект за формулою [11]:

$$E_{ур} = (C_{T1} - C_{T2}) \cdot N \quad (4.10)$$

$$E_{ур} = (503,57 - 462,74) \cdot 5000 = 204150 \text{ грн}$$

Таким чином, річна економія від впровадження другого ТП за статтею собівартість може становити 204150 грн., що свідчить про ефективність запропонованої технологічної інновації.

Здійснимо розрахунок технологічної собівартості поелементним методом для випадку придбання технологічного обладнання. Зіставимо величини капітальних витрат за варіантами.

Капітальні вкладення обладнання, віднесені до одиниці продукції, визначаються за наступним рівнянням:

$$K_o = \frac{C_{об} \cdot t_{шт.к.}}{60 \cdot F_d} \quad (4.11)$$

У табл. 4.15-4.16 розраховані капітальні витрати за формулою (4.11).

Таблиця 4.15 - Капітальні витрати на обладнання за базовим ТП

№ опер	Найменування операції	T <sub>шт</sub> , хв	Ц, грн	F <sub>д</sub>	K <sub>о</sub> , грн
010	Токарна	32	295680	4015	39,28
015	Токарна	35	295680	4015	42,96
020	Токарна	22	295680	4015	27,00
025	Токарна	25	295680	4015	30,68
030	Токарна	18	295680	4015	22,09
035	Токарна	20	295680	4015	24,55
040	Токарна	16	295680	4015	19,64
		Σ	2069760	Σ	206,20

Таблиця 4.16 - Капітальні витрати на обладнання за новим ТП

№ опер	Найменування операції	$T_{шт}$ , хв	Ц, грн	$F_d$	$K_o$ , грн
015	Токарна	17,3	1524600	4015	109,49
020	Токарна	27,68	1524600	4015	175,18
025	Токарна	24,44	1524600	4015	154,68
030	Токарна	20,12	1524600	4015	127,33
035	Токарна	6,08	1524600	4015	38,48
040	Токарна	3,92	1524600	4015	58,98
045	Токарна	9,32	1524600	4015	58,98
		$\Sigma$	10672200	$\Sigma$	723,12

Оскільки капітальні витрати є суттєво різними, оцінювати ефективність варіантів ТП слід на основі мінімуму наведених витрат за формулою:

$$B_{нав} = C + E_n K, \quad (4.12)$$

де  $E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності, показує, яка частина капітальних вкладень має окупатися за один рік. Для застосування вибирається варіант із мінімальним значенням  $B_{нав}$ .

У табл. 4.17 наведено результати порівняння.

Таблиця 4.17 - Порівняння варіантів ТП за наведеними витратами

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Базовий	Новий
Технологічна собівартість деталі	$C_T$	503,57	462,74
Капітальні витрати на деталь	$K_o$	206,20	723,12
Наведені витрати на деталь	$W_o$	493,67	612,04
Собівартість річної програми	$C_p$	2313700,00	2517850,00
Капітальні витрати на програму	$K_{оріч}$	1031013,70	3615624,66
Наведені витрати на програму	$W_{річ}$	462,74	503,57
Річна економія (збиток), грн	$\Delta W$	-591841,64	

Аналіз табл. 4.17 показує, що придбання та використання високотехнологічного дорогого обладнання з найменшими поточними витратами на виробництво продукції в умовах багатосерійного типу виробництва часто є перешкодою для впровадження нових інноваційних технологій.

Розрахуємо критичний обсяг виробництва, при якому наведені витрати за варіантами рівні за формулою:

$$N_{кр} = \frac{(C_{2пост} - C_{1пост}) + 0,15 \cdot (K_2 - K_1)}{C_{1зм} - C_{2зм}} = \text{шт} \quad (4.13)$$

де  $N_{кр}$  – критичний обсяг діяльності;

$C_{1пост}$  - умовно-постійні витрати на річний обсяг виробництва;

$C_{2пост}$  - умовно-постійні витрати на річний обсяг виробництва;

$E_n$  - нормативний коефіцієнт ефективності;

$K_1$  – капітальні витрати за першим варіантом;

$K_2$  – капітальні витрати за другим варіантом;

$C_{1зм}$  - умовно-змінні витрати на 1 деталь за першим варіантом;

$C_{2зм}$  - умовно-змінні витрати на 1 деталь за другим варіантом.

$$N_{кр} = \frac{0,15 \cdot (40672200 - 2069760)}{503,57 - 462,74} = 31603 \text{шт}$$

Таким чином, якщо програма випуску менше  $N_{кр}$ , то більш вигідний базовий варіант ТП. Якщо більше – 31603 шт, то більш вигідний новий варіант ТП.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Охорона праці та заходи безпеки для ливарника титанових сплавів

До роботи в якості ливарника допускаються робітники, не молодші 18 років, які пройшли медичну комісію, спеціальне технічне навчання та перевірку знань у спеціальній комісії підприємства [12]. Допуск до самостійної роботи оформляється письмово у журналі інструктажу робочого місця.

Перед допуском до роботи ливарник має пройти вступний інструктаж та інструктаж на робочому місці. Надалі він повинен проходити повторні інструктажі не рідше одного разу на 3 місяці, позапланові та цільові інструктажі.

Ливарник повинен знати:

- 1) основні види та принципи неполадок обладнання, способи їх усунення;
- 2) безпечні прийоми під час виконання операцій;
- 3) небезпечні фактори під час виконання ливарних робіт;
- 4) правила надання першої допомоги.

Ливарник повинен дотримуватися:

- 1) правил внутрішнього трудового порядку;
- 2) правил пожежної безпеки;
- 3) не заходити за огороження небезпечних зон;
- 4) не торкатися електроустаткування та електропроводів (особливо остерігатися оголених або обірваних проводів);
- 5) не усувати самому несправності електроустаткування;
- 6) вимоги забороняючих, попереджувальних, вказівних та предписувальних знаків, написів та сигналів;
- 7) проходити територією за встановленими маршрутами;
- 8) бути гранично уважним у місцях руху транспорту.

Працівники, зайняті на ливарних роботах, для захисту від небезпечних та шкідливих виробничих факторів повинні бути забезпечені спецодягом та запобіжними пристроями відповідно до вимог «Типових галузевих норм», безоплатної видачі робітникам та службовцям спеціального одягу та взуття тощо.

При проведенні ливарних робіт можливий вплив на працівників наступних небезпечних та шкідливих факторів:

- рухомі частини виробничого обладнання;
- гострі кромки та шорсткості на поверхнях заготовок, деталей оснастки та інструменту;
- уламки, що розлітаються від робочих частин оснастки при можливих їх руйнуваннях;
- підвищений вміст шкідливої пари і аерозолів у повітрі робочої зони;
- підвищена напруга в електричному ланцюгу обладнання;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- підвищена температура поверхні обладнання;
- підвищений рівень яскравості світла та інфрачервоного випромінювання;
- фізичні навантаження під час завантаження і транспортування заготовок;
- пожежонебезпека.

Вимоги безпеки перед початком роботи. Необхідно:

- 1) одягти спецодяг, і заправити його так, щоб не було незаправлених кінців і розстебнутих манжет;
- 2) очистити робоче місце та проходи;
- 3) перевірити справність інструменту, пристроїв, потрібно вимагати, щоб робоче місце було достатньо освітлене;
- 4) перевірити наявність та справність заземлення електроустаткування;

5) перевірити наявність огорож та блокувальних пристроїв, сигналізації;

б) перевірити стан щіток для видалення окалини, ручка повинна бути такою довжини, щоб руки робітника були поза зоною рухомих частин оснастки;

7) перевірити відсутність дефектів у оснащенні (тріщин, сколів).

Вимоги безпеки під час роботи. Необхідно:

- 1) працювати справним інструментом; перевірити стан інструменту;
- 2) застосовувати кліщі, що відповідають величині пакування, а губки - її формі до круглої заготовки губки кліщів повинні бути пригнані так, щоб вони захоплювали її у всіх точках; для захоплення квадратних заготовок кліщі повинні мати загнуті губки;

Під час лиття в металеві форми:

- перед заливкою кокілі повинні бути надійно закріплені на столі кокільного верстата або міцно горизонтально встановлені на заливному майданчику;

- зони заливки, приводу рухомих форм, пересування стрижнів, приводу силових периферійних пристроїв (розпилювачів, пристроїв виїмки) повинні бути забезпечені огорожувальними пристроями;

- металеві ківші та ложки для заливки металу в кокілі необхідно підігрівати перед зануренням у метал;

- пресформи виливків перед кожною подачею металу повинні бути очищені від сторонніх включень; для очищення та мастила пресформ повинні застосовуватися пристрої, що виключають перебування рук працівника в зоні пресформи.

- за необхідності огляду та обслуговування виливкових форм з боку, протилежного робочому місцю ливарника, машина для лиття під тиском має бути відключена.

- для дозування подачі рідких сплавів мають застосовуватися пристрої, що виключають їх витік або розбризкування;

- складування гарячих виливків у машин (кокілів) повинно проводитися в спеціальну тару і віддалятися від них періодичним або безперервним транспортним засобом.

Лиття в оболонкові форми:

- піщано-смоляних сумішей повинно проводитися без застосування горючих розчинників або з вживання заходів захисту від вибухів у герметизованих змішувачах, в які вихідні матеріали повинні подаватися через спеціальні дозатори. Змішувачі повинні бути обладнані витяжною вентиляцією та блокуванням, що забезпечує зупинку приводу та припинення подачі компонентів суміші при відкритих кришках суміші;

- якщо при роботі змішувача вийде з ладу основний вентилятор системи місцевої витяжної вентиляції, роботи з приготування суміші треба припинити через наявність у викидах фенолу та формальдегіду;

- приготовлені суміші мають зберігатися в щільно закритих металевих ємностях або бункерах при температурі не вище 30 градусів;

- при виготовленні форм або стрижнів із застосуванням поворотного бункера стик між модельною плитою та поворотним бункером має бути щільним і не допускати просипу суміші в момент повороту останнього;

- форми і стрижні, що виготовляються в оснастці, що нагрівається, до повного їх охолодження слід поміщати в укриття, вентилязовані конвеєри або охолоджувальні столи, обладнані місцевою витяжною вентиляцією;

- заливання оболонкових форм має проводитися на спеціальних ділянках, обладнаних витяжною вентиляцією;

- для запобігання прориву металу по розніманням оболонкових форм повинні застосовуватися механічні або інші пристосування, надійне склеювання;

- вибивання виливків з оболонкових форм має проводитися на вибивних гратах, верстатах, обладнаних витяжною вентиляцією;

- відпрацьовані формувальні суміші слід регенерувати для повторного використання у виробництві. При неможливості чи недоцільності регенерації

відходи слід утилізувати.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях:

- при отриманні термічного опіку: якщо на постраждалому спалахнув одяг, необхідно швидко накинути на нього будь-яку щільну тканину або збити полум'я водою;

- не допускається бігти в одязі, що горить, бо вітер, роздмухуючи полум'я, збільшить і посилить опік;

- при наданні допомоги потерпілому, щоб уникнути зараження, не можна торкатися обпечених ділянок шкіри або змащувати мазями, жирами, маслами, присипати питною содою, крохмалем; не можна розкривати бульбашки, видаляти мастику, що пристала до обпеченого місця, каніфоль, бо видаляючи їх, легко можна здерти обпечену шкіру і цим створити сприятливі умови для зараження рани;

- при невеликих за площею опіках 1-го та 2-го ступеня потрібно накласти на обпечену ділянку шкіри стерильну пов'язку і направити в медичний пункт.

- при значних опіках потерпілого необхідно загорнути в чисту тканину, не роздягаючи його, тепліше вкрити і викликати швидко медичну допомогу.

## ВИСНОВКИ

В дипломному проєкті було вдосконалено технологічний процес виготовлення перехідника. Було економічно обґрунтовано отримання заготовки литтям в оболонкові форми, розраховано масу заготовки 0,88 кг, коефіцієнт використання матеріалу 0,41. Економічний ефект від впровадження отримання заготовки литтям в оболонкові форми становив 40150 грн.

Вдосконалений маршрут виготовлення деталі містить замість токарної обробки на універсальних верстатах - обробку на верстатах з ЧПК. За рахунок цих заходів зменшився загальний час оброблення деталі та собівартість її виготовлення.

Для фрезерної операції з ЧПК була розроблена керуюча програма в програмному забезпеченні NX CAM.

Було спроектовано пристосування для фрезерної операції з ЧПК. Для нього було розраховано похибку встановлення, був проведений розрахунок на точність, розраховано зусилля затиску і обраний тип приводу. Також було спроектовано контрольне пристосування для контролю радіального биття  $\varnothing 120$  відносно бази А ( $\varnothing 118$ ).

В організаційній частині для планування ділянки з виробництва деталей типу перехідників та схожих за типорозмірами деталей було визначено кількість технологічного обладнання – 11 верстатів, чисельність основних виробничих робітників – 5.

В міцностному пакеті програми NX перевірено перехідник на міцність, встановлено, що коефіцієнт запасу міцності вкладається в заданий допустимий діапазон.

## ПЕРЕЛІК ДжЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Характеристика матеріала ВТ5Л [Електронний ресурс] // МАРОЧНИК СТАЛИ И СПЛАВОВ. – Режим доступу: [https://splav-kharkov.com/mat\\_start.php?name\\_id=1332](https://splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=1332) (дата звернення: 11.05.2024). – Назва з екрана.

2. Богуслаєв В.О. Основи технології машинобудування. Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів / В.О. Богуслаєв, В.І. Ципак, В.К. Яценко – Запоріжжя, вид. ВАТ «Мотор Січ», 2003. – 336 с.

3. ДСТУ 2960-94 Організація промислового виробництва. Основні поняття. Терміни та визначення. Чинний від 1994-12-28. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 1996. 12 с.

4. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин», для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», освітньої програми (спеціалізації) «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання / Укл. : Гончар Н.В., Тришин П.Р. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. – 61 с.

5. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» та спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітніх програм «Металорізальні верстати та системи» і «Колісні та гусеничні транспортні засоби» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання 3-є). Під ред. Гончар Н.В. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019 – 61 с.

6. Сторож Б.Д., Палійчук І.І., Копей В.Б. Технологічні основи машинобудування: Лабораторний практикум. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2010. – 50 с.

7. Методичні вказівки і контрольні завдання з дисципліни “Теорія різання”. Розрахунок режимів різання при точінні. Для студентів спеціальностей 12.01 і 12.02 усіх форм навчання, а також слухачів ФПК /Уклад. В.В. Коваленко, В.Г. Біланенко, А.М. Кислюк–К.: КПІ, 1993.–72с.

8. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Технологія машинобудування», для студентів спеціальності 133 Галузеве машинобудування галузі знань 13 Механічна інженерія всіх форм навчання / Укл.: Тришин П.Р. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2022. – 80с.

9. Богуслаев В.А. Станочные приспособления / В.А. Богуслаев, В.А. Леховицер, А.С. Смирнов – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2000. – 430 с.

10. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Технологічна оснастка» для студентів зі спеціальностей: 131 «Прикладна механіка» освітня програма «Технології машинобудування» 133 «Галузеве машинобудування» освітня програма «Металорізальні верстати та системи» усіх форм навчання / укл.: Е.В. Вишнепольський, О.Б. Козлова – Запоріжжя: НУЗП, 2020. – 70 с.

11. Методичні рекомендації для дипломного проектування “Оцінка економічної ефективності технічних рішень” для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Г.В. Пухальська - Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2023 – 43 с.

12. Ярошевська В.М. Безпека життєдіяльності: Підручник. -Київ: ВД "Професіонал", 2004. -559 с.

ДОДАТОК А  
Специфікація робочого пристосування

Формат	Знач.	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Перв. примен.				<u>Документация</u>			
			НУЗП 293226.025	Складальне креслення			
	Справ. №				<u>Детали</u>		
			1		Корпус	1	
			2		Прижим	1	
			3		Основа	1	
			4		Штак	1	
			5		Поршень	1	
			6		Кришка	1	
			7		Кільце	1	
			8		Кришка	1	
			9		Стакан	1	
			10		Штуцер	2	
			11		Кришка	1	
		12		Шайба	1		
Взам. инв. №				<u>Стандартные изделия</u>			
		13		Гвинт М6х12 ГОСТ 14.91-80	4		
		14		Гвинт М6х16 ГОСТ 14.91-80	6		
Полн. и дата		15		Гвинт М4х8 ГОСТ 14.91-80	4		
Изм. №	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
	Разраб.		Надьожкин				
Изм. № подл.	Проб.		Гончар				
	И.контр.		Дядя				
	Утв.		Дядя				
НУЗП 293226.025				Пристосування			
				Лит.	Лист	Листов	
					1	2	
				НУЗП Мз-111сп			

Копія

Датум 4/



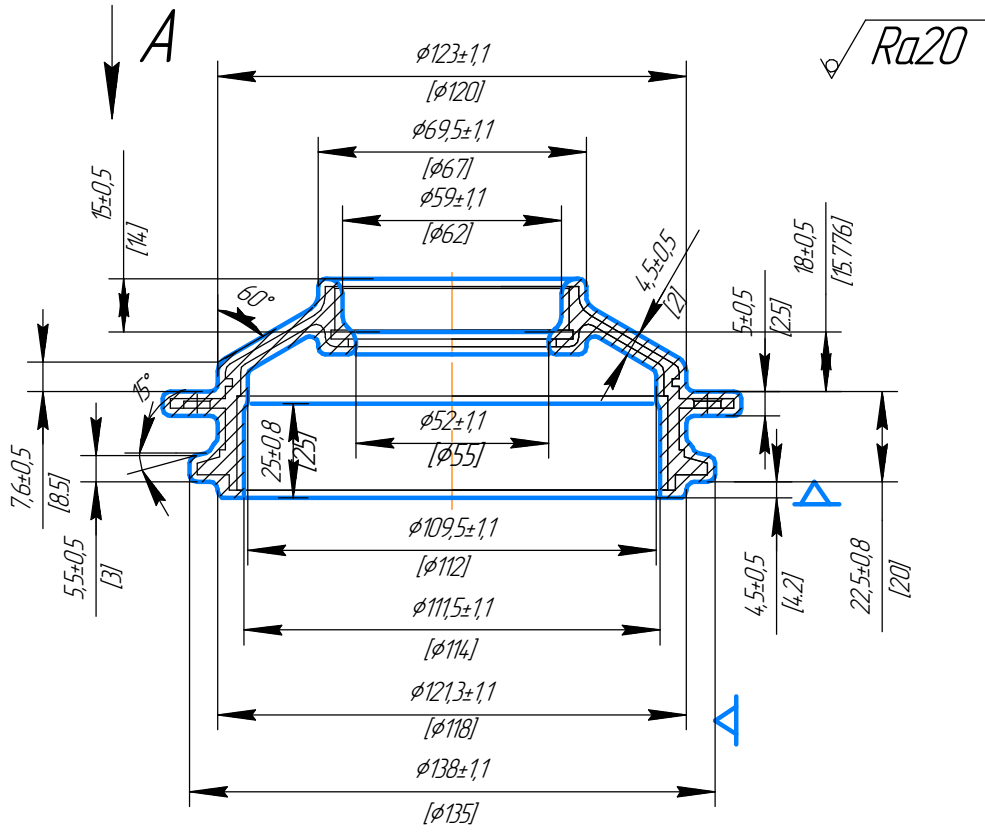
ДОДАТОК Б  
Технологічні карти

Цубл.			
Взам			
Ориг.			

Гл.технолог  
Нач. БПМ

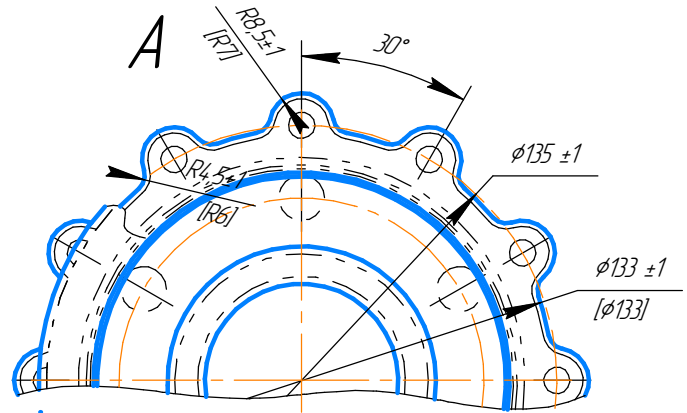
Форма 170-162

Розроб.	Надьожкін	НУЗП	НУЗП 711602.025	Мз-111сп.6014.1.00005	НУЗП 0214.1.24.025	1	1		
Перевір.	Гончар								
Н.контр.	Дядя				Перехідник				



Технічні умови на заготовку			
Матеріал		Заготовка	
Найменування та марка	Код	Код і вид	Профіль і розмір
Сплав ВТ5/1		Лиття в оболонковій формі	$\phi 152 \times 58$
Технічні умови		Маркування	Твердість
ГОСТ 19807-91			293...341 НВ
Сортамент		Допустима кривизна	
Маса деталі		0,36	
Сортамент		КВ3	
		0,41	
Розмір вихідного матеріалу		Норма розходу	
Кілдет. із заг.	Розм. листа, прутка	Маса	
1		0,88	

- Невказані радіуси заокруглення 2...5 мм.
- Дефекти: раковини, забоїни не більше 0,5 допуску на обробку.









Дудл.			
Взам.			
Підп.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

НУЗП 0214.124.025 1 1

Розроб. Надьожкін

НУЗП

НУЗП 711602.025

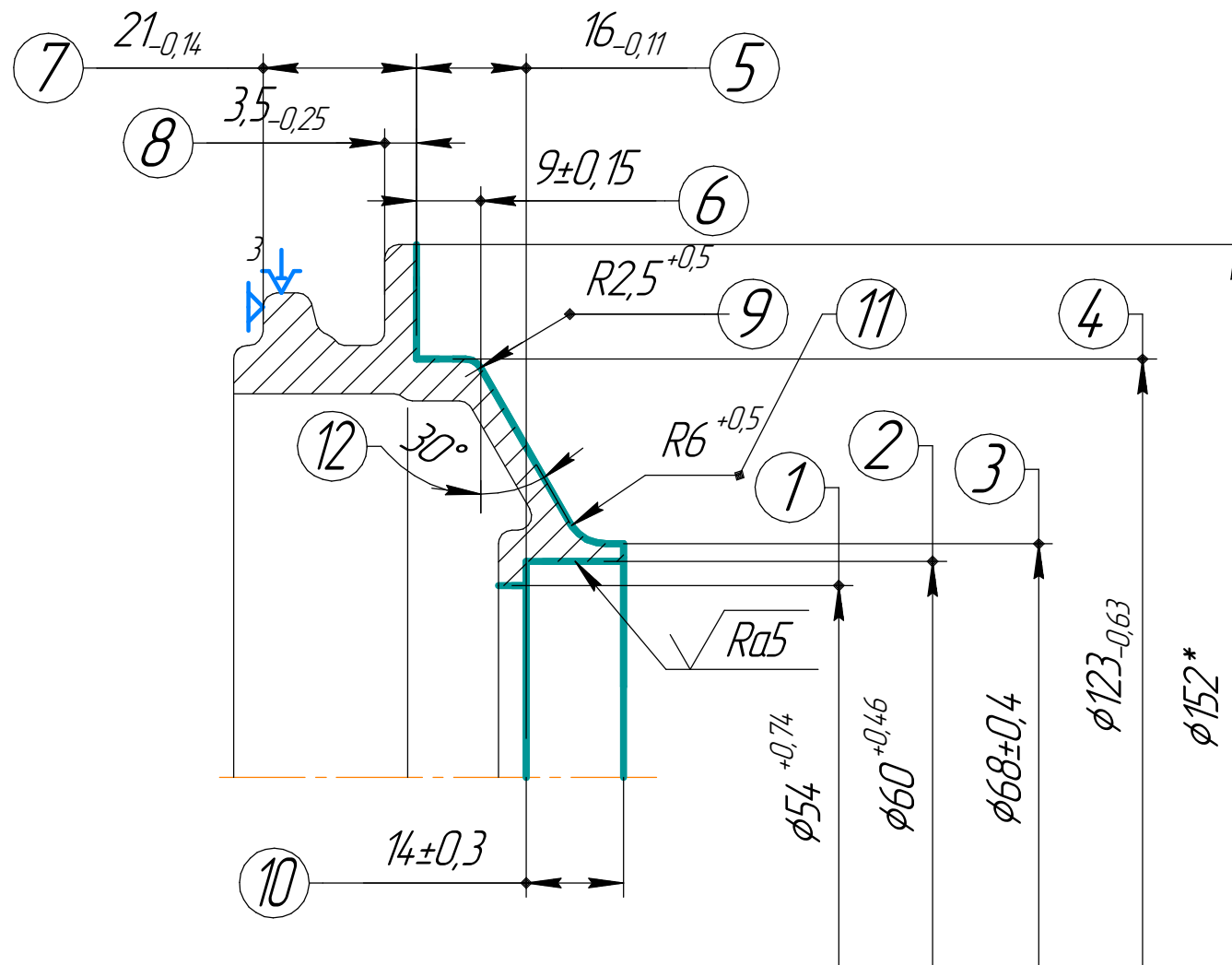
Мз-111сп.2014.1.00015

Перевір. Гончар

Н. контр. Дядя

Перехідник

015



Дудл.			
Взам.			
Підл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

НУЗП 0214.123025

Листів 1

Лист 1

Розроб.	Надьяжкін			НУЗП	НУЗП 711602.025		МЗ-111сп.6014.1.00015				
Перевір.	Гончар										
Н.контр.	Дядя										

## Перехідник

015

Найменування операції		Матеріал		Твердість		ОВ	МД	Проф. і розм.		МЗ	КВЗ
Токарна з ЧПК		ВТ5Л ГОСТ 19807-91		280...300 НВ		к2	0,36			0,88	0,41
Устаткування, пристрій ЧПК		Позначення програми		То	ТВ	Тп.з.	Тш-к	30ТС			
Токарний з ЧПК HAAS ST-10		-		15,4	0,63	25	17,7	5% емульсія "Українол-1" ТУ-38-101197-76			

Р		П	Д,В	Л	т	і	С	п	У
0 01	1. Встановити та закріпити деталь								$t_{вст}=0,2 \times \delta$
Т 02	ПР Патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80								
03									
0 04	2. Точити поверхні, витримуючи розміри 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12								
Т 05	ВИ Інструментальний блок								
06	РИ Різець підрізний 2112-0006 Т15К6 ГОСТ 18880-73								
07	СИ Калібр-скода спеціальна $\phi 123h13$ , $\phi 68js14$ , шаблон спеціальний.								
Р 08		01	152	67	15	2	0,2	50	23
09									
0 10	3. Розточити отвір, витримуючи розміри 1, 2, 5, 10								
Т 11	ВИ Інструментальний блок								
12	РИ Різець розточний 2141-0006 Т15К6 ГОСТ 18883-73								
13	СИ Калібр-пробка спеціальна $\phi 54H14$ , 8136-0004/0001 $\phi 60H14$ ГОСТ 18360-93, шаблон спеціальний.								
Р 14		02	60	25	15	2	0,2	130	25
0 15	4. Зняти деталь								$t_{зн}=0,2$

ОК

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

НУЗП 0214.124.025 1 1

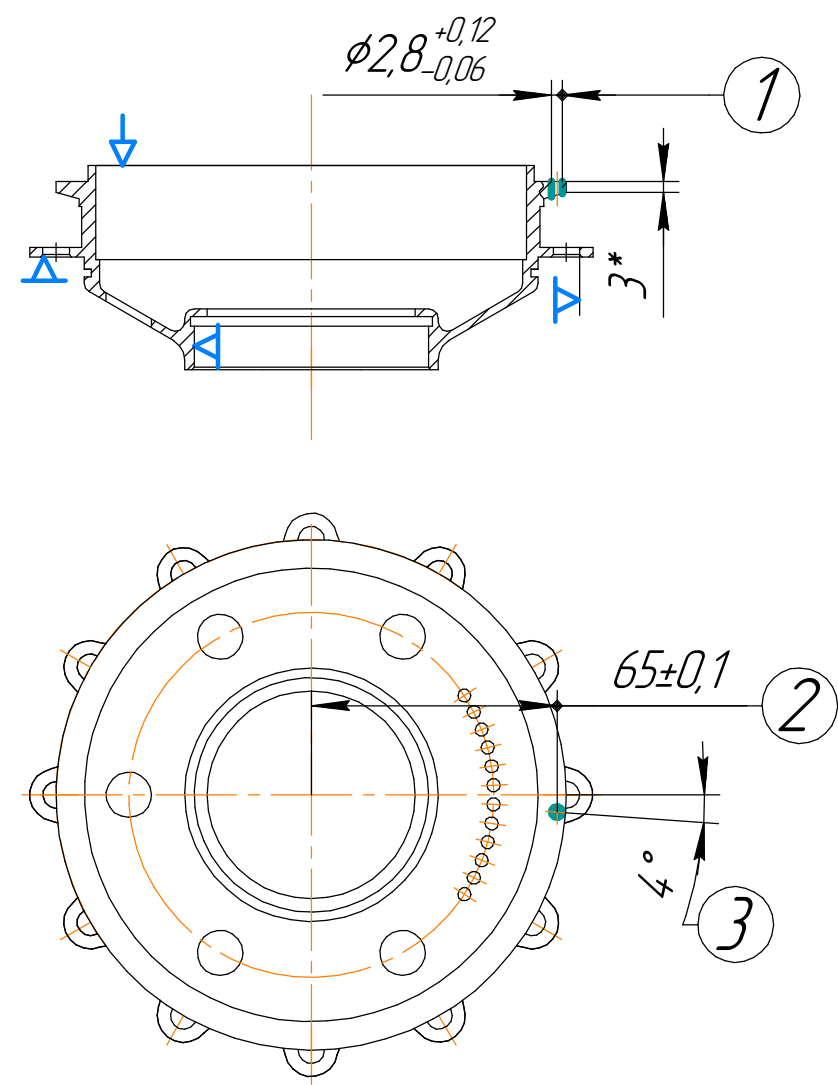
Розроб.	Надьожкін		
Перевір.	Гончар		
Н. контр.	Дядя		

НУЗП НУЗП 711602.025

Мз-111сп.2014.1.00060

Перехідник

060





Дудл.			
Взам.			
Підп.			

--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--

НУЗП 0214.124.025 1 1

Розроб.	Надьожкін		
Перевір.	Гончар		
Н. контр.	Дядя		

НУЗП НУЗП 711602.025

Мз-111сп.2014.1.00070

Перехідник

070

$\sqrt{Ra1.25}$

