

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування інституту, факультету)

Технологія машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

перший (бакалаврський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Розроблення технологічного процесу виготовлення перехідника
насоса охолоджувальної системи авіаційного двигуна»

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи М-113сп

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

РУЛЕВСЬКИЙ І.П.

(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)

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

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

РУЛЕВСЬКИЙ Іван Петрович

(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розроблення технологічного процесу виготовлення перехідника насоса охолоджувальної системи авіаційного двигуна

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «12» травня 2026 року №233

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 01.06.2026 р.

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

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів)

Креслення деталі, заготовки; 3D-моделі деталі та заготовки; маршрут виготовлення деталі; плакат зображення обробки для верстата з ЧПК; креслення робочого пристосування; плакат розрахунку деталі на міцність. Кількість слайдів - 10

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-5	ГОНЧАР Н.В., к.т.н ., доц.		
6	ПУХАЛЬСЬКА Г.В., к.т.н ., доц.		
нормоконтроль	ДЯДЯ С.І., к.т.н., доц.		

7. Дата видачі завдання 01.05.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	11.05.2026	
2	Розрахунок режимів різання	13.05.2026	
3	Розробка керуючої програми	15.05.2026	
4	Розрахунок на міцність	18.05.2026	
5	Конструкторська частина	20.05.2026	
6	Оцінка очікуваної економічної ефективності	22.05.2026	
7	Охорона праці	25.05.2026	
8	Оформлення пояснювальної записки	27.05.2026	
9	Нормоконтроль і рецензія	29.05.2026	
10	Захист дипломного проекту	02.06.2026	

Студент

_____ (підпис)

Іван РУЛЕВСЬКИЙ
(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

Наталя ГОНЧАР
(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 83 с., 18 рис., 27 табл., 1 додаток, 10 джерел.

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

Об'єкт дослідження – перехідник.

Мета роботи – розробити технологічний процес виготовлення перехідника насоса охолоджувальної системи авіаційного двигуна.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В дипломному проєкті розроблено технологічний процес виготовлення перехідника, розраховано режими різання, норми часу, розроблено керуючу програму для операції з ЧПК, спроєктовано робоче та запропоновано контрольне пристосування, досліджено міцнісні характеристики перехідника, виконано розрахунок щодо організаційних питань і кількості технологічного обладнання та робітників на ділянці, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

КВМ – коефіцієнт використання матеріалу

КП – керуюча програма

МВД – маршрут виготовлення деталі

МОП – маршрут обробки поверхні

ТО – термічна обробка

ТП – технологічний процес

ЧПК – числове програмне керування

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки.....	7
Вступ.....	8
1 Технологічна частина	10
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	10
1.2 Вибір типу виробництва та форми організації робіт.....	13
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	133
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі	16
1.4.1 Вибір технологічних баз.....	166
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	177
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	20
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	201
1.6 Розрахунок режимів різання	24
1.6.1 Операція 025 – токарна з ЧПК.....	24
1.6.2 Операція 040 – свердлильна.....	28
1.6.3 Операція 015 – токарна.....	31
1.7 Технічне нормування операцій.....	34
1.7.1 Технічне нормування токарної операції 015.....	34
1.7.2 Технічне нормування свердлильної операції 040	34
1.7.3 Технічне нормування токарної операції 015.....	37
1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК	39
2 Конструкторська частина	43
2.1 Проектування свердлильного пристосування.....	43
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	43
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосувань на точність.....	44
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу.....	45

2.2 Проектування контрольного пристосування.....	48
2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування	48
2.3 Розрахунок на міцність деталі	49
3 Розробка планування ділянки.....	53
4 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки	56
5 Охорона праці	69
Висновки	71
Перелік джерел посилання	72
Додаток А. Технологічні карти.....	74

ВСТУП

Сучасне авіадвигунобудування характеризується високими вимогами до надійності, точності та довговічності деталей і вузлів авіаційних двигунів. Особливе значення мають елементи системи охолодження, від стабільної роботи яких залежить ефективність функціонування двигуна, його температурний режим та експлуатаційна надійність. Однією з таких деталей є перехідник насоса охолоджувальної системи авіаційного двигуна, який забезпечує герметичне з'єднання елементів системи та передачу робочого середовища між вузлами.

Умови роботи перехідника характеризуються дією змінних механічних навантажень, підвищених температур, вібрацій та впливом робочого середовища. У зв'язку з цим до деталі висуваються підвищені вимоги щодо точності виготовлення, герметичності, міцності, корозійної стійкості та стабільності геометричних параметрів. Забезпечення цих вимог значною мірою залежить від правильно спроектованого технологічного процесу виготовлення.

Розроблення сучасного технологічного процесу повинно базуватися на застосуванні високопродуктивного обладнання, прогресивних методів отримання заготовок, сучасного різального інструменту та засобів автоматизації виробництва. Особливо важливим є використання верстатів з числовим програмним керуванням, систем автоматизованого проектування та підготовки виробництва, що дозволяє підвищити точність обробки, зменшити трудомісткість та скоротити виробничий цикл.

Метою дипломної роботи є розроблення технологічного процесу виготовлення перехідника насоса охолоджувальної системи авіаційного двигуна, який забезпечує отримання деталі заданої якості при мінімальних витратах матеріалу та часу обробки. Для досягнення поставленої мети необхідно виконати аналіз конструкції та службового призначення деталі, обґрунтувати вибір матеріалу та способу отримання заготовки, розробити маршрут обробки, визначити припуски, режими різання та норми часу, спроектувати технологічне

оснащення, а також розробити керуючі програми для верстатів з ЧПК.

У роботі також розглядаються питання організації виробничої дільниці, автоматизації технологічних процесів, забезпечення якості продукції та охорони праці при виконанні механічної обробки деталей авіаційного призначення.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Перехідник насоса системи охолодження авіаційного двигуна є відповідальним елементом, призначеним для з'єднання функціональних вузлів системи охолодження та забезпечення герметичного транспортування охолоджувальної рідини між ними (рис. 1.1). Деталь виконує роль проміжної ланки між насосом і трубопроводом або іншим агрегатом, забезпечуючи узгодження їх геометричних параметрів та надійне кріплення.



Рисунок 1.1 – 3D-модель деталі «Перехідник»

Конструктивно деталь являє собою корпус складної просторової форми з внутрішніми каналами для проходження робочого середовища. Залежно від конкретного виконання, перехідник може містити:

- циліндричні та сферичні поверхні, фаски;
- фланцеві елементи з отворами під кріплення;
- внутрішній отвір каналу;
- різьбові (в даному виконанні перехідника – немає) або посадочні поверхні для з'єднання з іншими вузлами.

Основними конструктивними елементами деталі є:

- центральний отвір, що забезпечує підведення і відведення охолоджувальної рідини;
- приєднувальні площини (фланці) для монтажу до насоса або трубопроводу;
- ущільнювальні поверхні, що забезпечують герметичність з'єднань;
- внутрішні канали, форма яких визначає гідравлічні характеристики потоку (в даній конструкції – отвір).

Деталь працює в умовах:

- підвищених температур;
- змінних тисків;
- вібраційних навантажень;
- агресивного середовища (охолоджувальні рідини).

Це обумовлює підвищені вимоги до:

- міцності та жорсткості конструкції, за умови мінімізації маси;
- герметичності з'єднань;
- корозійної стійкості матеріалу при підвищених температурах експлуатації;
- точності виготовлення базових і посадочних поверхонь.

Як матеріал деталі використовується титановий ливарний сплав ВТ5-Л, який характеризується високою питомою міцністю, жаростійкістю та корозійною стійкістю, що робить його придатним для застосування в авіаційній техніці (таблиці 1.1, 1.2). Разом з тим, даний матеріал має низьку теплопровідність і складність у механічній обробці, що необхідно враховувати при розробці технологічного процесу.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад титанового сплаву ВТ5-Л [1]

Fe	C	Si	W	N	Ti	Al	Zr	O	H
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	до 0,015

Таблиця 1.2 – Фізичні властивості титанового сплаву BT5-Л [1]

T	E 10^{-5}	α 10^{-6}	λ	ρ	C	R 10^{-9}
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м ³	Дж/(кг·град)	Ом·м
20	1.1	8	9,63	4550	0,565	1010

T – температура,

E – модуль Юнга,

α – коефіцієнт лінійного теплового розширення,

λ – коефіцієнт теплопровідності,

ρ – густина,

C – теплоємність,

R – електричний опір.

Маса деталі становить 0,2 кг, що вказує на її відносно компактні розміри та дозволяє застосовувати високоточні методи отримання заготовки, зокрема лиття за виплавлюваними моделями. Це забезпечує мінімальні припуски на механічну обробку та підвищує економічну ефективність виробництва.

З точки зору технологічності конструкції, деталь характеризується:

- наявністю базових поверхонь, придатних для надійного закріплення;
- можливістю обробки більшості поверхонь стандартним різальним інструментом;
- відсутністю надмірно складних елементів, що ускладнюють виготовлення.

Таким чином, перехідник насоса системи охолодження є важливою функціональною деталлю, від якої залежить надійність роботи всієї системи охолодження авіаційного двигуна, а отже і безпека його експлуатації. Його конструкція повинна забезпечувати оптимальне поєднання міцності, герметичності та технологічності виготовлення.

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Попередньо тип виробництва вибираємо за [2], враховуючи масу деталі $m=0.2$ кг та річну програму випуску $N=2500$ штук, тип виробництва можна вважати серійним. Форми організації технологічних процесів відповідно до ГОСТ 14.312-74 залежить від встановленого порядку виконання операцій технологічного процесу (ТП), розташування технологічного обладнання – верстатів та верстаків, кількості виробів. Для обробки перехідника обираємо змінно-потоківу форму організації виробничих робіт.

Кількість партії оброблюваних деталей розраховується за формулою:

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

де N – річна програма випуску, шт;

α – періодичність запуску партій деталей в виробництво, днів;

A – кількість робочих днів на рік, днів.

$$n = \frac{3 \cdot 2500}{250} = 30 \text{ шт}$$

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Для деталі «Перехідник» обираємо наступні методи отримання заготовки:

- лиття по витоплюваним моделям;
- лиття в землю.

Маса заготовки визначається за допомогою програмного забезпечення NX. Моделі заготовок наведено на рис. 1.2, 1.3. Після цього припуски на всі поверхні приймаються в залежності від їх маси згідно [3].

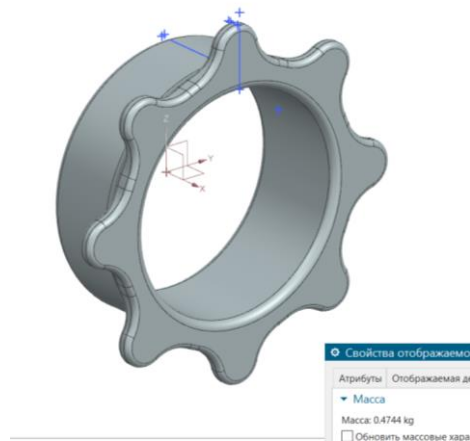


Рисунок 1.2 – Модель заготовки, що отримується литтям по ВИТОПЛЮВАНИМ МОДЕЛЯМ

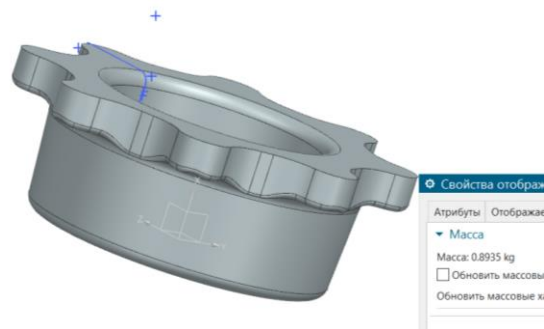


Рисунок 1.3 – Модель заготовки, що отримується литтям в землю

Собівартість виготовлення однієї заготовки V для виливків, грн, розраховується за формулою:

$$V = \frac{V_B}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_3 \cdot K_{\Pi} - (Q - q) \frac{V_{\text{відх}}}{1000}, \quad (1.2)$$

де Q – вага заготовки, кг;

q – вага деталі, кг;

V_B – базова собівартість виготовлення 1 т заготовок, грн [4];

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовки [4];

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі [4];

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки [4];

K_3 – коефіцієнт, що враховує масу заготовки [4];

K_{Π} – коефіцієнт, що враховує програму випуску заготовки [4];

$B_{\text{відх}}$ – вартість відходів – 1 т титанової стружки [4].

$$B_{\text{ВМ}} = \frac{15000}{1000} \cdot 0,5 \cdot 1,03 \cdot 1,21 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 - (0,5 - 0,2) \cdot \frac{5000}{1000} = 7,84 \text{ грн}$$

$$B_3 = \frac{12000}{1000} \cdot 0,9 \cdot 1,03 \cdot 1,21 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 - (0,9 - 0,2) \cdot \frac{5000}{1000} = 9,96 \text{ грн}$$

Показники методів отримання заготовки заносяться в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 – Результати розрахунків заготовок

Показник	Позначення	Одиниці виміру	Варіант заготовки	
			ВМ	3
Вага заготовки	Q	кг	0,5	0,9
Базова вартість 1 т заготовки	B_B	грн	15000	12000
Коефіцієнти	K_T		1,03	1,03
	K_M		1,21	1,21
	K_C		1	1
	K_3		1	1
	K_{Π}		1	1
Вартість 1 т стружки	$B_{\text{відх}}$	грн	5000	5000
Собівартість заготовки	B_3	грн	7,84	9,96
КВМ	η		0,4	0,2

Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) розраховується за формулою:

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

$$\eta_{\text{ВМ}} = \frac{0,2}{0,5} = 0,4$$

$$\eta_3 = \frac{0,2}{0,9} = 0,2$$

Результати порівняння за таблицею 1.3 показують, що перший метод отримання заготовок економічно раціональніший.

Річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок:

$$E_B = (B_{BM} - B_3) \cdot N, \quad (1.4)$$

$$E_B = (9,96 - 7,84) \cdot 2500 = 5300 \text{ грн}$$

Заощадження на металі при виготовленні заготовки литтям по витоплюваним моделям:

$$M_e = \frac{q(\eta_3 - \eta_{BM})}{\eta_3 \cdot \eta_{BM}} \cdot N \quad (1.5)$$

$$M_e = \frac{0,2 \cdot (0,4 - 0,2)}{0,4 \cdot 0,2} \cdot 2500 = 1250 \text{ кг}$$

Остаточно обираємо методом отримання заготовки перехідника – лиття по витоплюваним моделям.

1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

1.4.1 Вибір технологічних баз

Дана заготовка отримується литтям, тому необроблені поверхні – «чорнові» бази використовуються тільки на першій операції механічної обробки. Для першої операції це зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 97,3$ мм та крайній торець. Для другої механічної та наступних операцій як бази будемо використовувати крайній торець і зовнішні циліндричні поверхні та центральний отвір. При виробництві деталі на всіх операціях механічної обробки забезпечується використання одних і тих самих базових поверхонь, тобто забезпечується принцип єдності баз. Прийняті бази та методи базування

забезпечують просте та надійне закріплення. При цьому забезпечується зручність встановлення та зняття деталі в пристосуванні.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Маршрут обробки поверхні (МОП) складається з визначеної послідовності способів обробки поверхонь (переходів).

Загальне уточнення за показниками точності та шорсткості поверхні розраховується за формулами:

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_d} \quad (1.6)$$

де Td_3 – допуск на розмір заготовки, мкм;

Td_d – допуск на розмір деталі, мкм;

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{Ra_3}{Ra_d} \quad (1.7)$$

де Ra_3 – параметр шорсткості заготовки, мкм;

Ra_d – параметр шорсткості деталі, мкм;

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{\Delta_3}{\Delta_d}, \quad (1.8)$$

де Δ_3 – похибка форми заготовки, мкм;

Δ_d – похибка форми деталі, мкм.

Для поверхні $\varnothing 86H8(+0,054)$:

$$\varepsilon_d = \frac{2}{0,054} = 37$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{25}{1,6} = 15,6$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{0,5}{0,025} = 20$$

Кількість переходів розраховується за лімітованим показником:

$$\begin{aligned} k &= 2 \cdot \lg \varepsilon \\ k &= 2 \cdot \lg 37 = 3,2 \end{aligned} \quad (1.9)$$

Приймаємо $k=3$ переходи. Визначаємо різницю показників якості та розподіляємо цю різницю між $k=3$ переходами за законом прогресивного зменшення: $IT=IT17-H8=9=5+2+2$.

Послідовність показників точності та якості (ППТЯ):

- 1) Для допуску – $IT17 \rightarrow TO \rightarrow H12 \rightarrow H10 \rightarrow H8$
- 2) Для шорсткості – $Ra25 \rightarrow TO \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra1,6$

МОП: заготовка, точіння чорнове, точіння напівчистове, точіння чистове.

Перший перехід – точіння чорнове: $T_{D1}=350$ мкм; $T_{Ra1}=6,3$ мкм [3].

Уточнення:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{d1} &= \frac{2000}{350} = 5,7 \\ \varepsilon_{Ra1} &= \frac{25}{6,3} = 3,9 \end{aligned}$$

Другий перехід – точіння напівчистове: $T_{D2}=140$ мкм; $T_{Ra2}=3,2$ мкм [3].

Уточнення:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{d2} &= \frac{350}{140} = 2,5 \\ \varepsilon_{Ra2} &= \frac{6,3}{3,2} = 2 \end{aligned}$$

Таблиця 1.4 – 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
Ø86 ^{+0,054} Ra=1,6 ↑=0,025	Td	37	3,2	3	Δ IT = IT17 – H8 = 9	1	Заготовка	2000	25	-	-
	Ra	15,6			IT17 → H12 → H10 → H8	2	Термічна обробка	-	-	-	-
					Ra25 → Ra6,3→ Ra3,2 →	3	Точіння чорнове	350	6,3	5,7	3,9
					Ra1,6	4	Точіння напівчистове	140	3,2	2,5	2
						5	Точіння чистове	54	1,6	2	2
Ø96 _{-0,35} Ra=3,2 ↑=0,05	Td	5,7	2,1	2	Δ IT = IT17 – H12= 5	1	Заготовка	2000	25	-	-
	Ra	7,8			IT17→ H14 → H12	2	Термічна обробка	-	-	-	-
					Ra25 →Ra6,3 → Ra3,2	3	Точіння чорнове	870	6,3	6,7	4
						4	Точіння напівчистове	350	3,2	2,47	2

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 5,7 \cdot 2,5 = 14,2 < \varepsilon_d = 37$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 3,9 \cdot 2 = 7,8 < \varepsilon_{Ra} = 15,6$$

Третій перехід – точіння чистове: $T_{D4}=54$ мкм; $T_{Ra4}=1,6$ мкм [3].

Уточнення:

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

$$\varepsilon_{Ra4} = \frac{3,2}{1,6} = 2$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 14,2 \cdot 2,6 = 36,9 < \varepsilon_d = 37$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 7,8 \cdot 2 = 15,6 < \varepsilon_{Ra} = 15,6$$

Розрахунок МОП інших поверхонь заносимо до таблиці 1.4.

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення перехідника складається з наступних етапів:

- 1) I етап – отримання заготовки;
- 2) II термічна обробка нормалізація для вирівнювання внутрішніх напружень після отримання заготовки;
- 3) III етап – механічна обробка:

- токарна обробка (чорнова, напівчистова, чистова);
 - свердлильна обробка;
 - слюсарна обробка;
- 4) IV етап – мийка, контроль;

1.5 Розрахунок припусків

Розрахунково-аналітичним методом визначимо припуски для внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 86^{+0,054}$:

- 1) для заготовки $Rz_0 = 40$ мкм та $h_0 = 160$ мкм [3]
- 2) для чорнового точіння $Rz_1 = 20$ мкм та $h_1 = 20$ мкм [3];
- 3) для получистового точіння $Rz_2 = 10$ мкм та $h_2 = 10$ мкм [3];
- 4) для чистового точіння $Rz_3 = 5$ мкм та $h_3 = 5$ мкм [3].

Сумарне значення просторових відхилень вилівка:

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{\pi}^2 + \rho_{\text{кор}}^2}, \quad (1.10)$$

де ρ_{π} – похибка від перекосу отвору;

$\rho_{\text{кор}}$ – похибка від короблення,

$$\rho_{\pi} = \Delta_{\pi} L, \quad (1.11)$$

Δ_{π} – перекося отвору, $\Delta_{\pi} = 3$ мкм/мм [3].

L – довжина деталі.

$$\rho_{\pi} = 3 \cdot 39 = 117 \text{ мкм},$$

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{кор}} L, \quad (1.12)$$

$\Delta_{\text{кор}}$ – короблення поверхні, $\Delta_{\text{кор}} = 0,3$ мкм/мм [3].

$$\rho_{\text{кор}} = 0,3 \cdot 39 = 11,7 \text{ мкм},$$

$$\rho_0 = \sqrt{117^2 + 11,7^2} = 118 \text{ мкм}$$

Просторові похибки та похибка закріплення для механічних переходів розраховуються за формулами:

$$\rho_1 = K_{\text{ут}} \cdot \rho_0, \quad (1.13)$$

$$\varepsilon_1 = K_{\text{ут}} \cdot \varepsilon_0, \quad (1.14)$$

де $K_{\text{ут}}$ – коефіцієнт уточнення для переходів механічної обробки по [3].

ε – похибка встановлення, для заготовки $\varepsilon_0 = 420$ деталь встановлюється в трьохкулачковому патроні [3].

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 118 = 7 \text{ мкм}$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 7 = 0,3 \text{ мкм}$$

$$\rho_3 = 0,03 \cdot 0,03 = 0 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_1 = 0,06 \cdot 420 = 25 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_2 = 0,04 \cdot 24 = 1 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_3 = 0,03 \cdot 1 = 0 \text{ мкм}$$

Мінімальні припуски для переходів механічної обробки:

$$2z_i^{\min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (1.15)$$

$$2z_1^{\min} = 2(40 + 160 + \sqrt{118^2 + 420^2}) = 1272 \text{ мкм}$$

$$2z_2^{\min} = 2(20 + 20 + \sqrt{7^2 + 25^2}) = 132 \text{ мкм}$$

$$2z_3^{\min} = 2(10 + 10 + \sqrt{0,3^2 + 1^2}) = 42 \text{ мкм}$$

Максимальний розмір поверхні деталі – останнього переходу розраховується за формулою:

$$D_3^{\max} = D_3^{\min} + ES_{D3} \quad (1.16)$$

$$D_3^{\max} = 86 + 0,054 = 86,054 \text{ мм}$$

Максимальні розміри для механічних переходів розраховується за формулою:

$$D_i^{\max} = D_{i+1}^{\max} - 2z_{i+1}^{\min} - TD_{i+1} \quad (1.17)$$

$$D_2^{\max} = 86,054 - 0,042 - 0,054 = 85,96 \text{ мкм}$$

$$D_1^{\max} = 85,96 - 0,132 - 0,14 = 85,69 \text{ мкм}$$

$$D_0^{\max} = 85,69 - 1,272 - 0,35 = 84,068 = 84 \text{ мкм}$$

Мінімальні розміри поверхні розраховуються за формулою:

$$D_i^{\min} = D_i^{\max} - TD_i \quad (1.18)$$

$$D_0^{\min} = 84 - 2 = 82 \text{ мм}$$

$$D_1^{\min} = 85,69 - 0,35 = 85,34 \text{ мм}$$

$$D_2^{\min} = 85,96 - 0,14 = 85,82 \text{ мм}$$

$$D_3^{\min} = 86,054 - 0,054 = 86 \text{ мм}$$

Граничні значення припусків по переходам механічної обробки розраховуються за формулою:

$$2z_i^{\max} = D_i^{\max} - D_{i-1}^{\min} \quad (1.19)$$

$$2z_1^{\max} = 85,69 - 82 = 3,69 \text{ мм}$$

$$2z_2^{\max} = 85,96 - 85,34 = 0,62 \text{ мм}$$

$$2z_3^{\max} = 86,054 - 85,82 = 0,234 \text{ мм}$$

Перевірка правильності розрахунків виконується за формулами:

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = TD_{\text{заг}} + TD_{\text{дет}} = TD_0 \quad (1.20)$$

$$2z_0^{\max} = D_3^{\max} - D_0^{\min} \quad (1.21)$$

$$2z_0^{\min} = D_3^{\min} - D_0^{\max} \quad (1.22)$$

$$2z_0^{\max} = 86,054 - 82 = 4,054 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\min} = 86 - 84 = 2 \text{ мм}$$

$$TD_0 = 2 + 0,054 = 2,054 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = 4,054 - 2 = 2,054 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір заготовки – $\varnothing 83 \pm 1$ мм.

Розрахунки припусків зведено до таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Припуски та міжопераційні розміри

Характеристика поверхонь	МОП		Допуск	Граничні значення розмірів		Граничні значення припуска		Виконавчий розмір
	ІТ	Метод обробки	TD, мм	$D_i^{\max}$, мм	$D_i^{\min}$, мм	$2z_i^{\max}$	$2z_i^{\min}$	
$\varnothing 86^{+0,054}$ Ra=1,6	16	Заготовка	2,0	$\varnothing 84$	$\varnothing 82$	-	-	$\varnothing 83 \pm 1$
	-	ТО	-	-	-	-	-	-
	13	Точін. чорн.	0,35	$\varnothing 85,69$	$\varnothing 85,34$	1,272	3,69	$\varnothing 85,34^{+0,35}$
	10	Точін. получ.	0,14	$\varnothing 85,96$	$\varnothing 85,82$	0,132	0,62	$\varnothing 85,82^{+0,14}$
	8	Точін. чист.	0,054	$\varnothing 86,054$	$\varnothing 86$	0,042	0,234	$\varnothing 86^{+0,054}$
	4-1,946=2+0,054 2,054=2,054					4,054	2	

1.6 Розрахунок режимів різання

1.6.1 Операція 025 – токарна з ЧПК

Обробка виконується на токарному верстаті з числовим програмним керуванням (ЧПК) BL-ТК36S. Технічна характеристика верстата наведена в таблиці 1.6. Операційний ескіз токарної операції наведений на рис. 1.4. В якості пристосування використовується патрон трикулачковий.

Використовується для цього інструмент:

- 1) різець підрізний правий $\varphi=105^\circ$, $\alpha=10^\circ$, $\gamma=8^\circ$; $r=0,8$ мм, 25x16x140,

T15K6 ГОСТ 18880-73 [5];

2) різець підрізний лівий $\varphi=105^\circ$, $\alpha=10^\circ$, $\gamma=8^\circ$; $r=0,8\text{мм}$, $25\times16\times140$,
T15K6 ГОСТ 18880-73 [5].

Таблиця 1.6 – Технічна характеристика верстата

Характеристика	Значення
Ширина напрямних (станини)	316 мм
Максимальний діаметр обточування над станиною	Ø 360 мм
Максимальний діаметр обточування над супортом	Ø 180/200 мм
Відстань між центрами (шпиндель - задня бабка)	750 мм
Діаметр отвору шпинделя	Ø 57 мм
Частота обертання шпинделя	140 – 3000 об/хв
Потужність шпиндельного двигуна	5,5 кВт
Габаритні розміри верстата	2150 × 1260 × 1600 мм

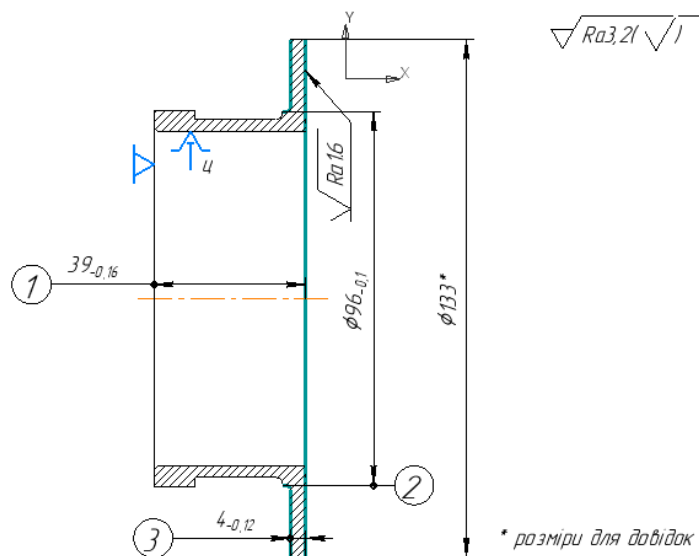


Рисунок 1.4 – Операційний ескіз токарної операції

Глибина різання t , мм розраховується за формулою:

$$t = \frac{h}{i}, \quad (1.23)$$

де i – кількість проходів.

$$t = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ мм}$$

Подача розраховується за формулою:

$$S_0 = S_{0T} \cdot K_S, \text{ мм/об} \quad (1.24)$$

де S_{0T} – табличне значення подачі, $S_{0T} = 0,23 \text{ мм/об}$ [6];

K_S – поправочний коефіцієнт на подачу:

$$K_S = K_{SK} \cdot K_{Sy} \cdot K_{S\varphi} \cdot K_{Sr} \cdot K_{SM} \quad (1.25)$$

де K_{SK} – коефіцієнт, що враховує квалітет обробки, $K_{SK} = 0,8$ [6];

K_{Sr} – коефіцієнт, що враховує радіус вершини різця, $K_{Sr} = 1,0$ [6];

$K_{S\varphi}$ – коефіцієнт, що враховує кінематичний кут в плані, $K_{S\varphi} = 1,0$ [6];

K_{Sy} – коефіцієнт, що враховує схему встановлення заготовки, $K_{Sy} = 0,83$ [6];

K_{SM} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу, $K_{SM} = 1,0$ [6].

$$K_S = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,83 = 0,66$$

$$S_0 = 0,23 \cdot 0,66 = 0,15 \text{ мм/об}$$

Приймаємо за паспортом верстата $S = 0,1 \text{ мм/об}$.

Швидкість різання V , м/хв розраховується за формулою:

$$V = V_m \cdot K_V \quad (1.26)$$

де V_m – табличне значення швидкості різання, $V_m = 84 \text{ м/хв}$ [6];

K_V – поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_V = K_{Vm} \cdot K_{Vi} \cdot K_{Vj} \cdot K_{Vo} \cdot K_{VT} \cdot K_{Vc} \cdot K_{V\varphi} \cdot K_{Vж} \quad (1.27)$$

де K_{Vc} – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал, $K_{Vc} = 1,0$ [6];

$K_{Vи}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої пластини, $K_{Vи} = 0,52$ [6];

K_{Vj} – коефіцієнт, що враховує жорсткість верстата, $K_{Vj} = 0,81$ [6];

K_{Vo} – коефіцієнт, що враховує вид обробки, $K_{Vo} = 1,0$ [6];

K_{VT} – коефіцієнт, що враховує період стійкості інструмента, $K_{VT} = 1,0$ [6];

K_{Vm} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу, $K_{Vm} = 0,8$ [6];

$K_{V\phi}$ – коефіцієнт, що враховує геометрію різця, $K_{V\phi} = 1,0$ [6];

$K_{Vж}$ – коефіцієнт, що враховує роботу з охолодженням, $K_{Vж} = 1,0$ [6].

$$K_V = 0,52 \cdot 0,81 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,33$$

$$V = 84 \cdot 0,33 = 34 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя n , об/хв розраховується за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \quad (1.28)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 34}{3,14 \cdot 133} = 81 \text{ об/хв}$$

Приймається фактична частота обертання шпинделя верстата відповідно до паспортних даних $n_d = 80$ об/хв.

Дійсна швидкість різання V_d , м/хв розраховується за формулою:

$$V_d = \frac{n \cdot \pi \cdot d}{1000} \quad (1.29)$$

$$V_d = \frac{80 \cdot 3,14 \cdot 133}{1000} = 33 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу $L_{рх}$, мм розраховується за формулою:

$$L_{рх} = l_{обр} + l_{вр} + l_{пер}, \quad (1.30)$$

де $l_{обр}$ – довжина обробки, мм;

$l_{вр}$ – величина врізання, мм [6];

$l_{\text{пер}}$ – перебіг, мм [6].

$$L_{\text{px}} = 2 + 23,5 + 2 + 2 + 18,5 + 2 + 2 = 52 \text{ мм}$$

Машинний час розраховується за формулою:

$$t_o = \frac{L_{\text{px}}}{S_o \cdot n} \cdot i, \text{ хв} \quad (1.31)$$

$$t_o = \frac{52}{0,1 \cdot 80} \cdot 2 = 13 \text{ хв}$$

1.6.2 Операція 040 – свердлильна

Для свердління отворів в торці обираємо фрезерний верстат з ЧПК моделі FNG 40 (табл. 1.7). Операційний ескіз зображено на рис. 1.5. Операція складається з двох переходів: центрування отворів, свердління отворів.

Таблиця 1.7 – Технічні характеристики верстата

Параметри	Значення
Обороти шпинделя	50...4000 об/хв
Розміри столу	800x400 мм
Потужність	15 кВт
Розмір Т-образних пазів	16 мм
Переміщення по осі X	762 мм
Переміщення по осі Y	406 мм
Переміщення по осі Z	508 мм

Для операції обираємо свердло спіральне діаметром $D=7$ мм з матеріалу Р6М5 по ГОСТ 10902-77 та центрове свердло $D=2$ мм з матеріалу Р6М5 по ГОСТ 14952-75 [5].

Призначаємо режими для свердління отворів.

Глибина різання t , мм розраховується за формулою:

$$t = \frac{D_{\text{св}}}{2} \quad (1.32)$$

$$t_1 = \frac{1}{2} = 1 \text{ мм}$$

$$t_2 = \frac{7}{2} = 3,5 \text{ мм}$$

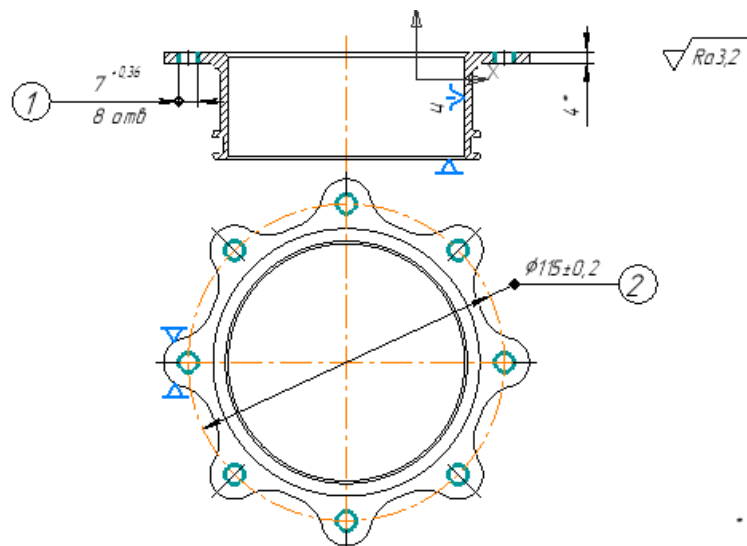


Рисунок 1.5 – Операційний ескіз

Подача розраховується за формулою (1.24), (1.25):

де $S_{\text{табл}}$ – табличне значення, $S_{\text{табл}} = 0,5 \text{ мм/об}$ [6];

K_{S1} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління, $K_{S1} = 1,0$ [6];

$K_{Sж}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість системи, $K_{Sж} = 1,0$ [6];

K_{Si} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, $K_{Si} = 1,0$ [6];

K_{Sd} – коефіцієнт, що враховує наскрізний отвір, $K_{Sd} = 1,0$ [6];

K_{Sm} – коефіцієнт властивостей оброблюваного матеріалу, $K_{Sm} = 0,33$ [6].

$$K_S = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,33 = 0,331$$

$$S_1 = 0,5 \cdot 0,33 = 0,12 \text{ мм/об}$$

$$S_2 = 0,5 \cdot 0,33 = 0,12 \text{ мм/об}$$

Приймаємо $S = 0,1 \text{ мм/об}$.

Розраховуємо швидкість різання за формулами (1.26), (1.27):

де $V_{\text{табл}}$ – табличне значення, $V_{\text{табл}} = 4,5$ м/хв [6];

K_{VM} – коефіцієнт оброблюваності матеріалу, $K_{VM} = 0,6$ [6];

K_{VI} – коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу різальної частини інструменту, $K_{VI} = 0,95$ [6];

K_{Vd} – коефіцієнт, що враховує наскрізний отвір, $K_{Vd} = 0,9$ [6];

K_{Vl} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління, $K_{Vl} = 1,0$ [6];

K_{VO} – коефіцієнт, що враховує вплив СОТС, $K_{VO} = 1,0$ [6].

$$K_V = 0,6 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,513$$

$$V_1 = 4,5 \cdot 0,513 = 2,3 \text{ м/хв}$$

$$V_2 = 4,5 \cdot 0,513 = 2,3 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.28):

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 2,3}{3,14 \cdot 2} = 366 \text{ об/хв}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 2,3}{3,14 \cdot 7} = 104 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата: $n_{d1}=350$ об/хв, $n_{d2}=100$ об/хв.

Дійсну швидкість різання розраховуємо за формулою (1.29):

$$V_{d1} = \frac{3,14 \cdot 2 \cdot 350}{1000} = 2 \text{ м/хв}$$

$$V_{d2} = \frac{3,14 \cdot 7 \cdot 100}{1000} = 2,2 \text{ м/хв}$$

Визначення машинного часу по формулі (1.31):

де l – довжина фрезерування, мм;

l_2 – величина перебігу, мм;

l_1 – величина врізання, мм;

$$l_1 = 0,5 \cdot D_{\phi} \cdot \text{ctg}60, \text{ мм} \quad (1.33)$$

$$l_1 = 0,5 \cdot 2 \cdot \operatorname{ctg} 60 = 0,6 \text{ мм};$$

$$l_2 = 0,5 \cdot 7 \cdot \operatorname{ctg} 60 = 2 \text{ мм};$$

$$t_o = \frac{2+0,6}{0,1 \cdot 350} \cdot 8 + \frac{2+4+2}{100 \cdot 0,1} \cdot 8 = 7 \text{ хв.}$$

1.6.3 Операція 015 – токарна

Обробка виконується на токарному верстаті з ЧПК BL-TK36S. Операційний ескіз токарної операції наведений на рис. 1.6. В якості пристосування використовується патрон трикулачковий.

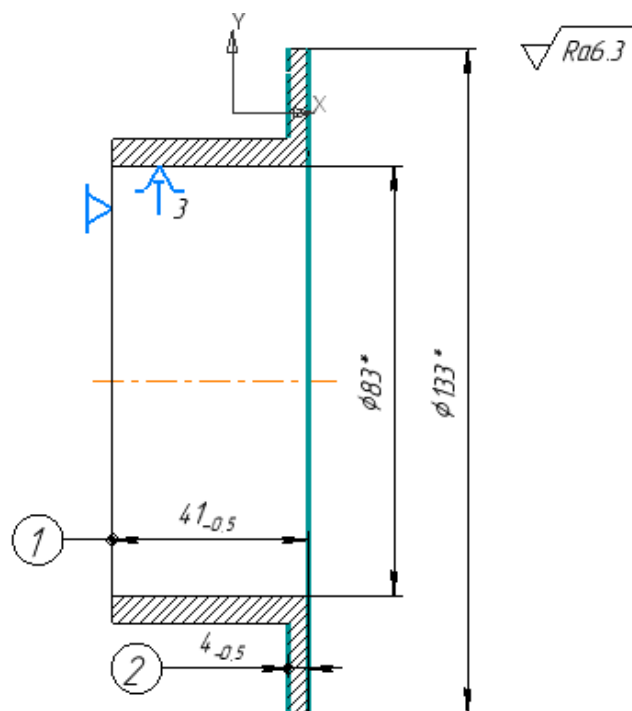


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз токарної операції

Використовується для цього інструмент:

- 1) різець підрізний правий $\varphi=105^\circ$, $\alpha=10^\circ$, $\gamma=8^\circ$; $r=0,8\text{мм}$, 25x16x140, T15K6 ГОСТ 18880-73 [5];

2) різець підрізний лівий $\varphi=105^\circ$, $\alpha=10^\circ$, $\gamma=8^\circ$; $r=0,8\text{мм}$, $25\times 16\times 140$, Т15К6 ГОСТ 18880-73 [5].

Глибина різання t , мм розраховується за формулою (1.25):

$$t = \frac{1,5}{2} = 0,75 \text{ мм}$$

Подача розраховується за формулами (1.24), (1.25):

де S_{0T} – табличне значення подачі, $S_{0T} = 0,33 \text{ мм/об}$ [6];

K_{SK} – коефіцієнт, що враховує квалітет обробки, $K_{SK} = 0,8$ [6];

K_{Sr} – коефіцієнт, що враховує радіус вершини різця, $K_{Sr} = 1,0$ [6];

$K_{S\varphi}$ – коефіцієнт, що враховує кінематичний кут в плані, $K_{S\varphi} = 1,0$ [6];

K_{Sy} – коефіцієнт, що враховує схему встановлення заготовки, $K_{Sy} = 0,83$ [6];

K_{SM} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу, $K_{SM} = 1,0$ [6].

$$K_S = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,83 = 0,66$$

$$S_0 = 0,33 \cdot 0,66 = 0,22 \text{ мм/об}$$

Приймаємо за паспортом верстата $S = 0,2 \text{ мм/об}$.

Швидкість різання V , м/хв розраховується за формулами (1.26), (1.27):

де V_T – табличне значення швидкості різання, $V_T = 84 \text{ м/хв}$ [6];

K_{Vc} – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал, $K_{Vc} = 1,0$ [6];

K_{Vi} – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої пластини, $K_{Vi} = 0,52$ [6];

K_{Vj} – коефіцієнт, що враховує жорсткість верстата, $K_{Vj} = 0,81$ [6];

K_{Vo} – коефіцієнт, що враховує вид обробки, $K_{Vo} = 1,0$ [6];

K_{VT} – коефіцієнт, що враховує період стійкості інструмента, $K_{VT} = 1,0$ [6];

K_{Vm} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу, $K_{Vm} = 0,8$ [6];

$K_{V\varphi}$ – коефіцієнт, що враховує геометрію різця, $K_{V\varphi} = 1,0$ [6];

$K_{Vж}$ – коефіцієнт, що враховує роботу з охолодженням, $K_{Vж} = 1,0$ [6].

$$K_V = 0,52 \cdot 0,81 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,33$$

$$V = 84 \cdot 0,33 = 34 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя розраховується за формулою (1.28):

$$n = \frac{1000 \cdot 34}{3,14 \cdot 133} = 81 \text{ об/хв}$$

Приймається фактична частота обертання шпинделя верстата відповідно до паспортних даних $n_d = 80$ об/хв.

Дійсна швидкість різання V_d , м/хв розраховується за формулою (1.29):

$$V_d = \frac{80 \cdot 3,14 \cdot 133}{1000} = 33 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу L_{px} , мм розраховується за формулою:

$$L_{px} = l_{обр} + l_{вр} + l_{пер}, \quad (1.34)$$

де $l_{обр}$ – довжина обробки, мм;

$l_{вр}$ – величина врізання [6];

$l_{пер}$ – перебігу [6].

$$L_{px} = 2 + 23 + 2 + 5 + 2 + 2 + 18 + 2 = 56 \text{ мм}$$

Машинний час розраховується за формулою:

$$t_o = \frac{L_{px}}{S_o \cdot n} \cdot i, \text{ хв} \quad (1.35)$$

$$t_o = \frac{56}{0,2 \cdot 80} \cdot 2 = 3,5 \text{ хв}$$

Результати розрахунку режимів різання для решти операцій приведено в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Результати розрахунку режимів різання та норм часу

Номер та назва операції	Номер переходу	Режими різання				
		глибина різання t , мм	кількість проходів i	подача S , мм/об	швидкість різання V , м/хв	частота обертів шпинделя n , об/хв
015 Токарна з ЧПК	01	1,5	2	0,2	32	80
	02	1,5	2	0,2	32	80
020 Токарна з ЧПК	01	1,5	2	0,2	15	80
	02	1,5	2	0,2	12	80
	03	1,5	2	0,2	14	80
025 Токарна з ЧПК	01	0,5	2	0,1	15	80
	02	0,5	2	0,1	25	80
030 Токарна з ЧПК	01	0,5	2	0,1	15	100
	02	0,5	2	0,1	16	100
	03	0,5	2	0,1	20	100
035 Токарна з ЧПК	01	0,2	2	0,1	20	100
	02	0,2	2	0,1	3,5	80
040 Свердлильна з ЧПК	01	1	8	0,1	2,2	350
	02	3,5	8	0,1	2	100

1.7 Технічне нормування операцій

1.7.1 Технічне нормування токарної операції 015

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{мд}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.36)$$

де $t_{\text{вст}}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{\text{вст}} = 0,4$ хв [7];

$t_{\text{мд}}$ – машино-допоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь, $t_{\text{мд}} = 0,65$ хв [7];

$t_{\text{контр}}$ – час на контроль деталі, хв.

$$t_{\text{контр}} = t_{\text{вим}} \cdot K_n, \quad (1.37)$$

де $t_{\text{вим}}$ – час на вимірювання, $t_{\text{вим}} = 0,2$ хв [7];

K_n – періодичність вимірювань, $K_n = 0,4$ [7].

$$t_{\text{контр}} = 0,2 \cdot 0,4 = 0,05 \text{ хв}$$

$$t_{\text{доп}} = 0,4 + 0,65 + 0,05 = 1,1 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою:

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{доп}} \quad (1.38)$$

$$t_{\text{оп}} = 13 + 1,1 = 14,1 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою:

$$t_{\text{дод}} = t_{\text{оп}} \cdot \alpha \quad (1.39)$$

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, $\alpha = 10\%$ [7].

$$t_{\text{дод}} = 14,1 \cdot 0,1 = 1,41 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{дод}} \quad (1.40)$$

$$t_{\text{шт}} = 14,1 + 1,41 = 15,51 \text{ хв}$$

Підготовчо-заклучний час для обробки партії деталей розраховується за формулою:

$$t_{\text{пз}} = t_{\text{пз1}} + t_{\text{пз2}} + t_{\text{пз3}} \quad (1.41)$$

де $t_{\text{пз1}}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни, $t_{\text{пз1}} = 12$ хв [7];

$t_{\text{пз2}}$ – час на додаткові прийоми, що не увійшли в комплекс, $t_{\text{пз2}} = 13$ хв

[7];

$t_{пзз}$ – час на пробну обробку деталі, $t_{пзз} = 5 \text{ хв}$ [7].

$$t_{пз} = 12 + 13 + 5 = 30 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою:

$$t_{шт-к} = t_{шт} + \frac{t_{пз}}{n} \quad (1.42)$$

де n – розмір партії деталей, що запускаються у виробництво (п. 1.2).

$$t_{шт-к} = 15,51 + \frac{30}{30} = 16,51 \text{ хв}$$

1.7.2 Технічне нормування свердильної операції 040

Допоміжний час на операцію розраховується за формулами (1.36), (1.37):

де $t_{вст}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{вст} = 0,2 \text{ хв}$ [7];

$t_{мд}$ – машино-допоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь, $t_{мд} = 0,4 \text{ хв}$ [7];

$t_{вим}$ – час на вимірювання, $t_{вим} = 2 \text{ хв}$ [7];

K_n – періодичність вимірювань, $K_n = 0,4$ [7].

$$t_{контр} = 2 \cdot 0,4 = 0,8 \text{ хв}$$

$$t_{доп} = 2 \cdot 0,2 + 0,4 + 0,8 = 1,6 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.38):

$$t_{оп} = 7 + 1,6 = 8,6 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.39):

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, $\alpha = 10\%$ [7].

$$t_{\text{дод}} = 8,6 \cdot 0,1 = 0,86 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.40):

$$t_{\text{шт}} = 8,6 + 0,86 = 9,46 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (1.41):

де $t_{\text{пз1}}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни, $t_{\text{пз1}} = 10 \text{ хв}$ [7];

$t_{\text{пз2}}$ – час на додаткові прийоми, що не увійшли в комплекс, $t_{\text{пз2}} = 10 \text{ хв}$ [7];

$t_{\text{пз3}}$ – час на пробну обробку деталі, $t_{\text{пз3}} = 5 \text{ хв}$ [7].

$$t_{\text{пз}} = 10 + 10 + 5 = 25 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.42):

$$t_{\text{шт-к}} = 9,46 + \frac{25}{30} = 10,29 \text{ хв}$$

1.7.3 Технічне нормування токарної операції 015

Допоміжний час на операцію розраховується за формулами (1.36) та (1.37):

де $t_{\text{вст}}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{\text{вст}} = 0,5 \text{ хв}$ [7];

$t_{\text{мд}}$ – машино-допоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів

та прийомів при обробці поверхонь, $t_{\text{мд}} = 0,2 \text{ хв}$ [7];

$t_{\text{вим}}$ – час на вимірювання, $t_{\text{вим}} = 0,03 \text{ хв}$ [7];

$t_{\text{упр}}$ – час на включення та вимикання верстата, $t_{\text{упр}} = 0,03 \text{ хв}$ [7];

K_n – періодичність вимірювань, $K_n = 1$ [7].

$$t_{\text{контр}} = 0,03 \cdot 1 = 0,03 \text{ хв}$$

$$t_{\text{доп}} = 2 \cdot 0,5 + 0,03 + 0,2 + 0,03 = 1,26 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.38):

$$t_{\text{оп}} = 3,5 + 1,26 = 4,96 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.39):

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, $\alpha = 10\%$ [7].

$$t_{\text{дод}} = 4,96 \cdot 0,1 = 0,5 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.40):

$$t_{\text{шт}} = 4,96 + 0,5 = 5,46 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (1.41):

де $t_{\text{пз1}}$ – нормативний час на налагодження верстата, інструменту, пристосування, $t_{\text{пз1}} = 12 \text{ хв}$ [7];

$t_{\text{пз2}}$ – нормативний час отримання інструменту, пристосування, здачу їх після роботи, $t_{\text{пз2}} = 8 \text{ хв}$ [7];

$$t_{\text{пз}} = 12 + 8 = 20 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.42):

$$t_{\text{шт-к}} = 5,46 + \frac{20}{30} = 6,12 \text{ хв}$$

Результати розрахунків для решти операцій наведено в таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Зведена таблиця норм часу

Номер та назва операції	t_0 , хв	$t_{\text{доп}}$, хв	$t_{\text{дод}}$, хв	$t_{\text{шт}}$, хв	$t_{\text{пз}}$, хв	$t_{\text{шт-к}}$, хв
015 Токарна з ЧПК	3,5	1,26	0,5	5,46	20	6,12
020 Токарна з ЧПК	2,5	1,26	0,38	4,14	20	4,80
025 Токарна з ЧПК	13	1,1	1,41	15,51	30	16,51
030 Токарна з ЧПК	8	1,1	0,91	10,04	30	11,04
035 Токарна з ЧПК	6	1,1	0,71	7,84	30	8,84
040 Свердлильна з ЧПК	7	1,6	0,86	9,46	25	10,29

1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

Для свердлильної операції 040 розроблюємо керуючу програму (КП) в програмному забезпеченні NX CAM. Створюємо 3D-модель деталі для свердління отворів (рис. 1.7).

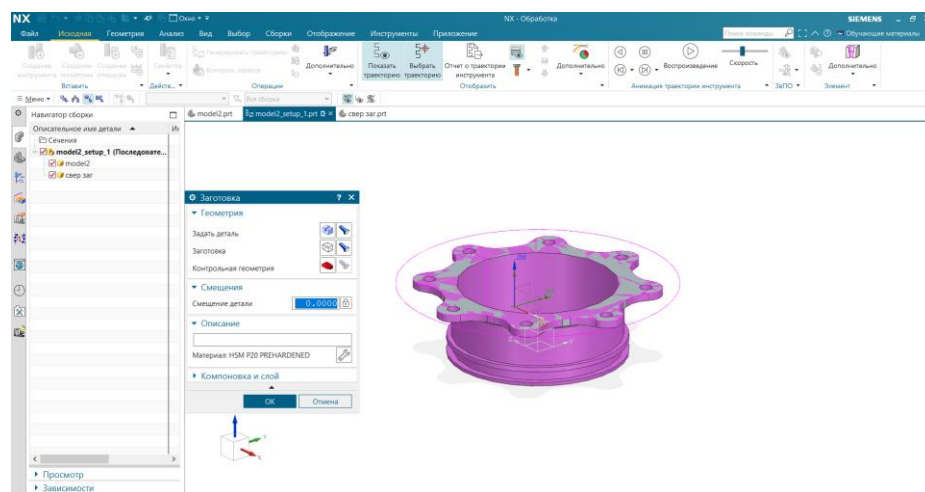


Рисунок 1.7 – 3D-модель деталі для свердління

Далі створюємо в програмі необхідний ріжучий інструмент (рис. 1.8).

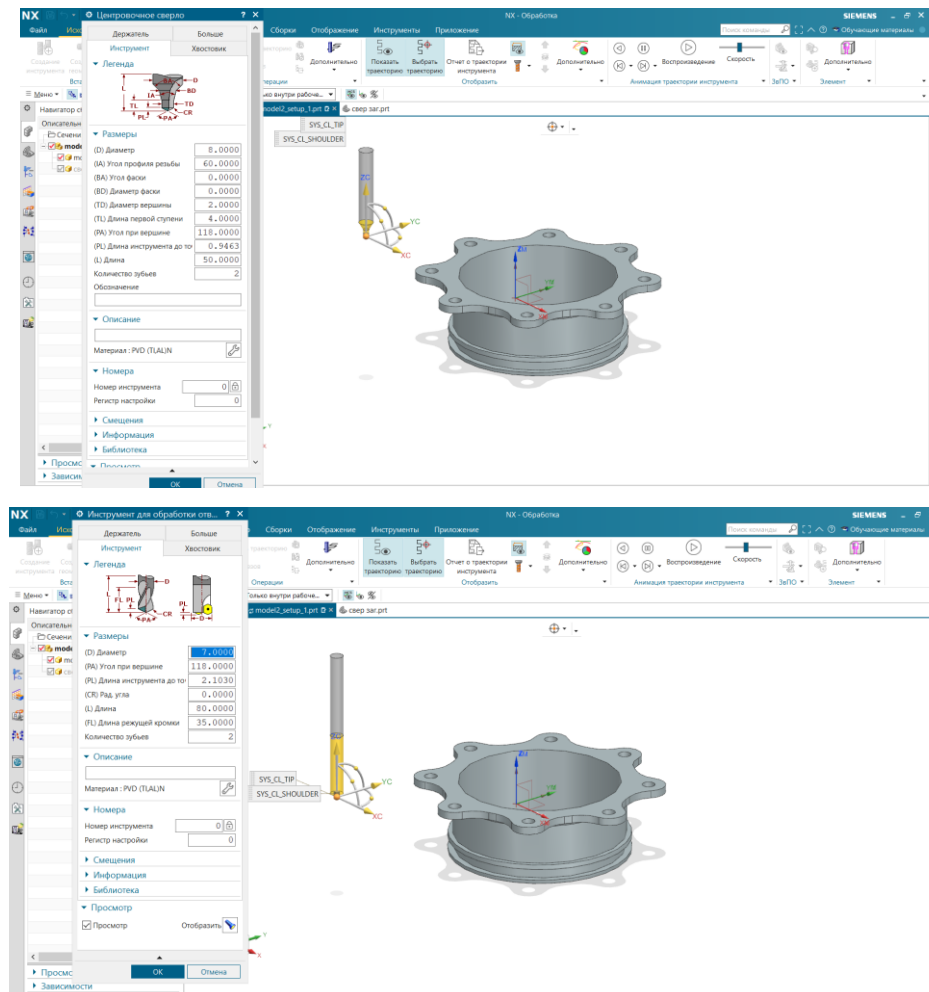


Рисунок 1.8 – Інструменту для операції свердління

На наступному кроці визначаємо положення системи координат та визначаємо в програмі деталь та заготовку. Створюємо перший перехід – «Центрування отворів» та налаштовуємо всі необхідні параметри. Потім створюємо другий перехід – «Свердління отворів». Після цього генеруємо траєкторію (рис. 1.9) та робимо візуалізацію обробки (рис. 1.10).

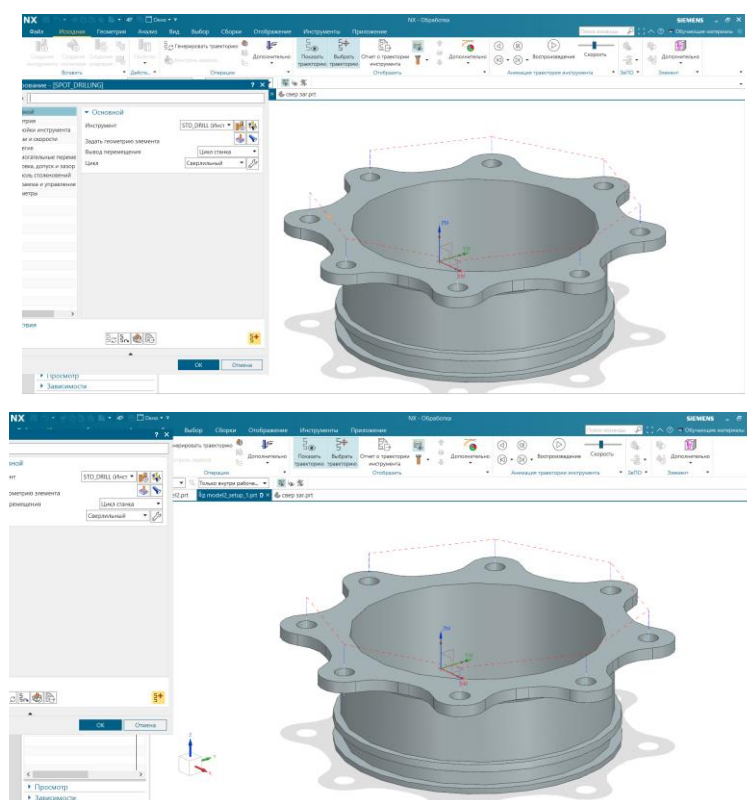


Рисунок 1.9 – Траєкторія обробки

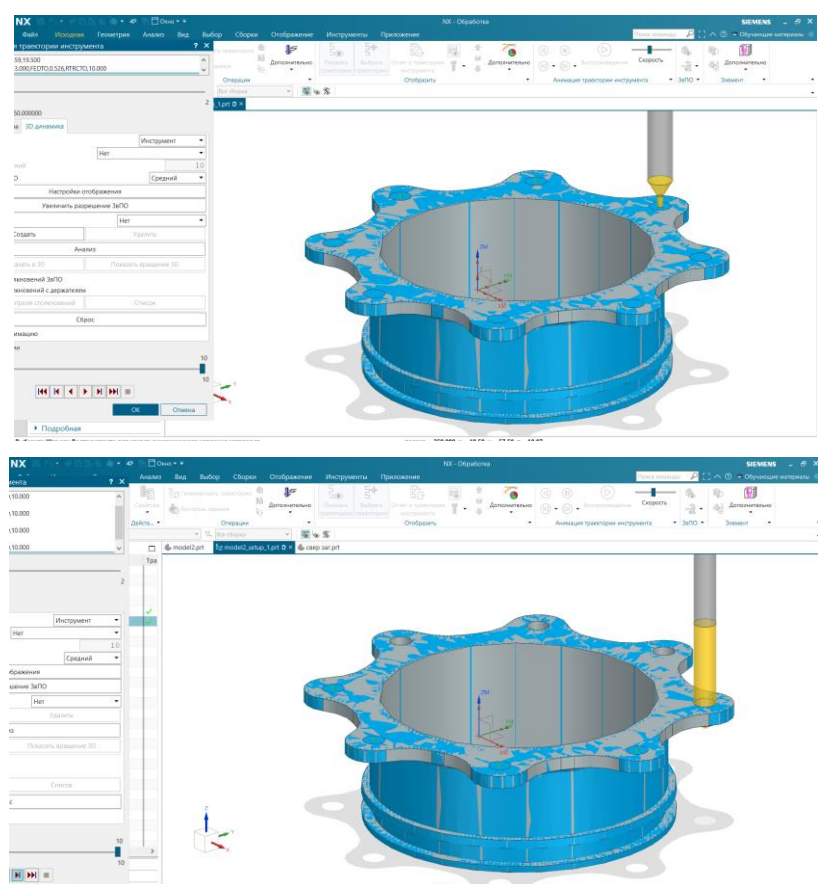


Рисунок 1.10 – Візуалізація

По закінченню, перевіряємо обробку в цілому. Проводимо останній етап – генеруємо керуючу програму в G-кодах (рис.1.11).

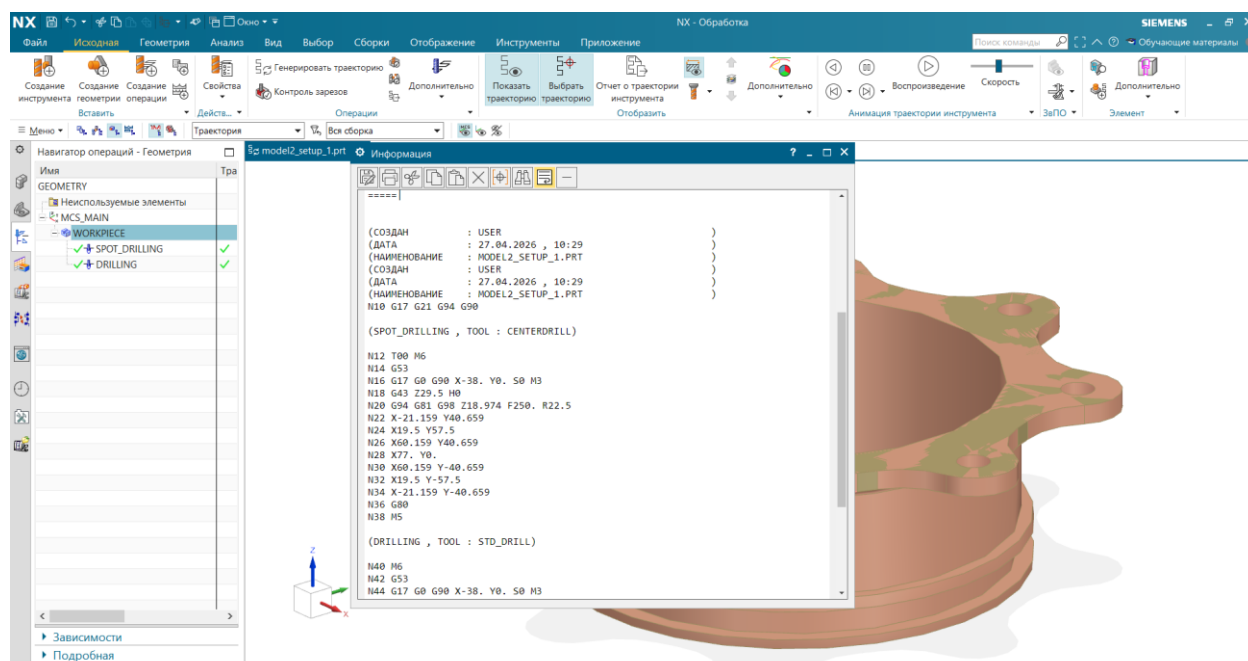


Рисунок 1.11 – Керуюча програма

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування свердлильного пристосування

2.1.1 Конструкція та принцип роботи робочого пристосування

Пристосування (рис. 2.1) призначено для закріплення під час свердління деталі «Перехідник». Деталь, що обробляється, встановлюється на цангу по отвору $\varnothing 86$. По ушку деталь впирається в упор для точного центрування майбутнього отвору. Пневмоциліндр встановлено у корпусі 1 пристосування. При подачі повітря під тиском у запоршневую зону пневмоциліндру шток пересувається донизу і тисне на цангу, яка, у свою чергу, стискається, після чого встановлюють деталь. Після встановлення деталі тиск повітря подається поршневу зону, шток переміщається вгору та звільняє цангу, яка розтискається та закріплює деталь.

Після закінчення обробки шток переміщається донизу тисне на цангу, яка, у свою чергу стискається, і звільняє деталь.

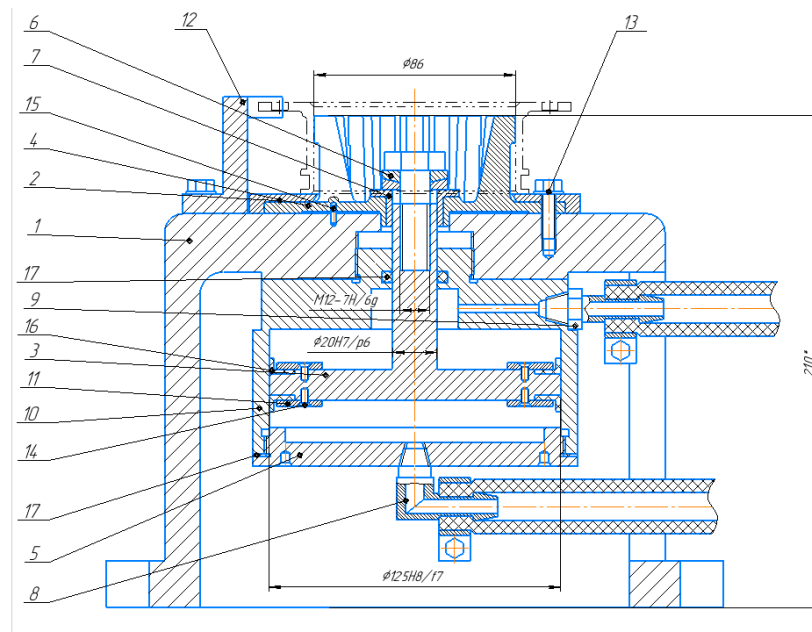


Рисунок 2.1 – Конструкція пристосування

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.

Похибка встановлення виражає похибку положення заготовки і розраховується за формулою:

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

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

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

Деталь встановлюється по отвору $\varnothing 86^{+0,054}$ (рис. 2.2).

Похибка базування дорівнює нулю $\varepsilon_{\text{баз}}=0$, так як настроювальна та вимірювальна бази збігаються.

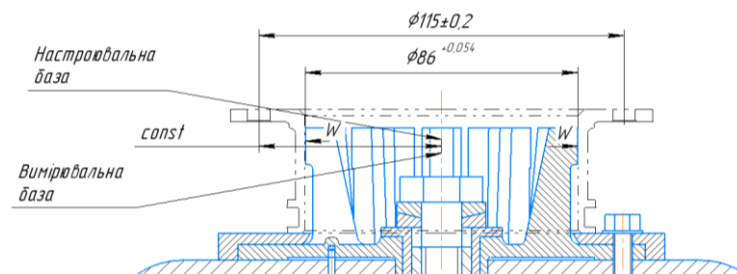


Рисунок 2.2 – Схема установки

Похибку закріплення визначаємо залежно від напрямку сили закріплення та стану установчих поверхонь. Похибка закріплення дорівнює $\varepsilon_{\text{зак}} = 0,03 \text{ мм}$ [8].

Похибка встановлення згідно формули (2.1):

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{0^2 + 0,03^2} = 0,03 \text{ мм}$$

Розрахунок пристосування на точність полягає у виборі способу

установки та точності настановних поверхонь таким чином, щоб похибка установки відповідала умові.

$$\varepsilon_y \leq \left(\frac{1}{4} \dots \frac{1}{3} \right) T \quad (2.2)$$

де T – допуск на усунення отворів щодо центральної осі задане кресленням, $T=0,4$ мм.

$$0,03 \leq \frac{1}{3} \cdot 0,4 = 0,133$$

Таким чином, отримана похибка установки 0,03 мм відповідає допустимому значенню за технічними умовами.

2.1.3 Розрахунок необхідної сили затиску. Вибір приводу

Ефективність затиску залежить від напрямку та місця застосування сили. Затискні пристрої служать для утримання заготовки під час її обробки. Дійсна сила закріплення по схемі (рис. 2.3) визначається [8]:

$$W_o = k W \quad (2.3)$$

$$W = M_{рез} / nfd \quad (2.4)$$

$$M_{рез} = P_{ос} \cdot \frac{D}{2} \quad (2.5)$$

де n – число кулачків цанги, $n=6$;

f – коефіцієнт тертя, $f = 0,15$;

d – діаметр деталі, $d=86$ мм;

D – діаметр мембрани;

k – коефіцієнт запасу закріплення.

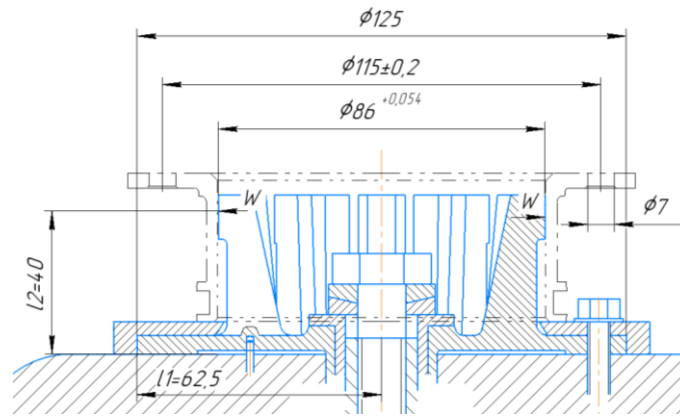


Рисунок 2.3 – Схема до визначення сили закріплення

Коефіцієнт запасу закріплення:

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

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу, $k_0 = 1,5$ [8];

k_1 – коефіцієнт нерівномірності сил різання через непостійність припуску, що знімається при обробці, $k_1 = 1$ [8];

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструменту, $k_2 = 1,15$ [8].

k_3 – коефіцієнт, що враховує переривчастість різання, $k_3 = 1$ [8];

k_4 – коефіцієнт, що враховує мінливість сил затиску, що розвиваються приводами, $k_4 = 1$ [8];

k_5 – коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток, $k_5 = 1$ [8];

k_6 – коефіцієнт невизначеності положення місць контакту, $k_6 = 1,5$ [8].

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

Визначення сили різання:

$$P_{oc} = 10 C_p D^q S^y K_p \quad (2.7)$$

де C_p , q , y – коефіцієнти, $C = 68$, $q = 1$, $y = 0,7$ [8];

K_p – коефіцієнт матеріалу.

$$K_p = \left(\frac{\sigma}{750} \right)^{0,75} \quad (2.8)$$

де σ – міцність оброблюваного матеріалу, $\sigma = 950$ МПа.

$$K_p = \left(\frac{950}{750} \right)^{0,75} = 1,2$$

$$P_{oc} = 10 \cdot 68 \cdot 7^1 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 1,2 = 1140 \text{ Н}$$

$$M_{рез} = 1140 \cdot \frac{0,115}{2} = 65,5 \text{ Нм}$$

$$W = 65,5/12 \cdot 0,15 \cdot 0,086 = 211 \text{ Н}$$

$$W_{\partial} = 2,5 \cdot 211 = 527,5 \text{ Н}$$

Сила на штоці згідно розрахунковій схемі (рис. 2.3):

$$Q = \frac{W_{\partial} \cdot l_1 \cdot n}{l_2} \quad (2.9)$$

$$Q = \frac{527,5 \cdot 0,0625 \cdot 6}{0,04} = 6291 \text{ Н}$$

Мінімальний діаметр різьби на штоці:

$$d = \sqrt{\frac{4\alpha Q}{\pi[\sigma]}}, \quad (2.10)$$

де α – коефіцієнт затягування, $\alpha = 2,25$;

$[\sigma]$ – допустима напруга на розтяг для сталі 40Х, $[\sigma] = 100$ МПа.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 6291}{3,14 \cdot 100}} = 13 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр штока 20 мм.

Діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{p\eta\pi} + d^2}, \quad (2.11)$$

де η – коефіцієнт корисної дії (ККД), що враховує втрати на тертя, $\eta=0,85\dots0,9$ [8];

p – тиск в пневмосистемі, $p=0,6$ МПа [8].

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 6291}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,9} + 20^2} = 123 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр циліндра 125 мм.

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Під час контролю перевіряють биття торцю 0,025 мм відносно баз А та Б, яке виконується на спеціальному контрольному пристосуванні. Пристосування (рис.2.4) представляє собою корпус з похилою поверхнею, на якій встановлені два ролики під кутом 90° .

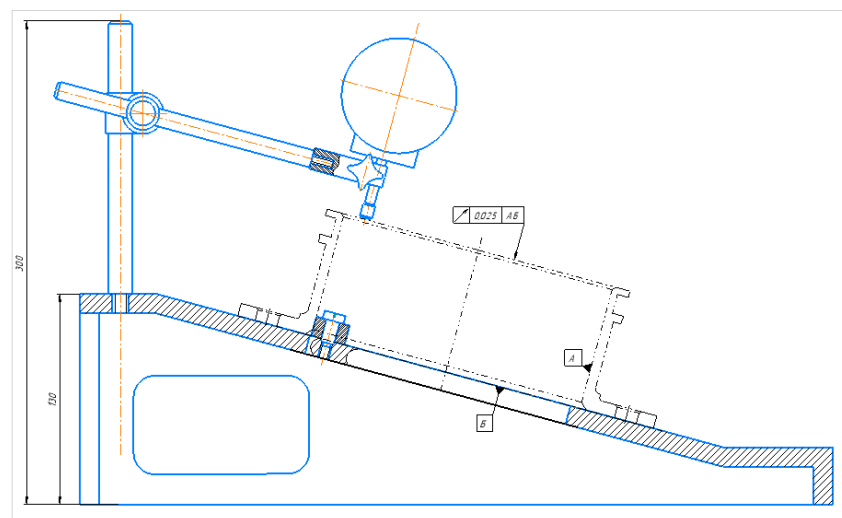


Рисунок 2.4 – Контрольне пристосування

Деталь встановлюється на поверхню корпусу і центрується роликами. На корпусі встановлено штатив зі штангою з індикаторним годинником. Вона має можливість повороту навколо осі на 360° . А також є можливість перезакріплення штанги з індикаторним годинником на необхідну поверхню по висоті. Дані особливості пристрою дозволяють легко здійснювати його переналагодження.

2.3 Розрахунок на міцність деталі

Перевірку деталі «Перехідник» на міцність виконаємо на основі аналізу максимальних навантажень в небезпечних перерізах. Максимальні напруження знайдемо з розрахунку напружено-деформованого стану та по графічному зображенню розподілу напружень в програмі NX CAE. Оцінку міцності виконаємо на основі порівняння розрахункового граничного напруження, яке залежить від коефіцієнту запасу міцності, з довідниковим значенням границі міцності для титанового сплаву BT5-Л. Коефіцієнт запасу міцності по напруженням визначається за наступною формулою:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{max}} = 1,5 \dots 3 \quad (2.12)$$

де $[\sigma]$ – допустиме значення границі міцності титанового сплаву BT5-Л, $[\sigma]=540$ МПа [1];

σ_{max} – максимальне напруження, яке виникає в деталі, МПа.

Розрахункове значення граничного напруження, яке виникає в деталі має відповідати наступній умові:

$$\sigma_{max} \leq \frac{[\sigma]}{k} \quad (2.13)$$

Робоче положення деталі є таке, при якому фланець перехідника жорстко закріплений через отвори 7 мм на одній частині двигуна, а до іншого торцю перехідника приєднано інші ланки двигуна, які своєю масою створюють навантаження по отвору 86 мм— $F = 2000$ Н. Для деталі «Перехідник» небезпечними місцями є отвори діаметром 7 мм на фланці.

Для розрахунку напружено-деформованого стану деталі виконуємо спочатку 3D-модель. Далі 3D-модель розіб'ємо на сітку кінцевих елементів (рис. 2.5).

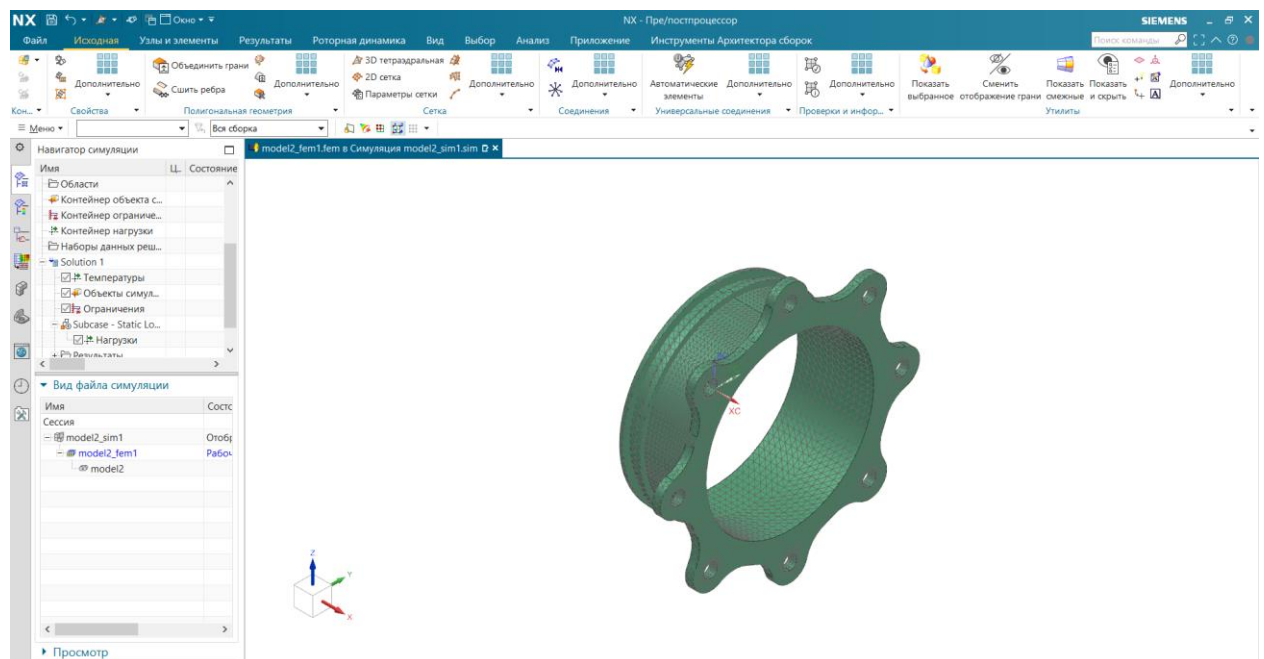


Рисунок 2.5 – 3D-модель, розбита на сітку кінцевих елементів

Потім на модель деталі прикладемо навантаження та обмеження у вигляді закріплення по отворах (рис. 2.6).

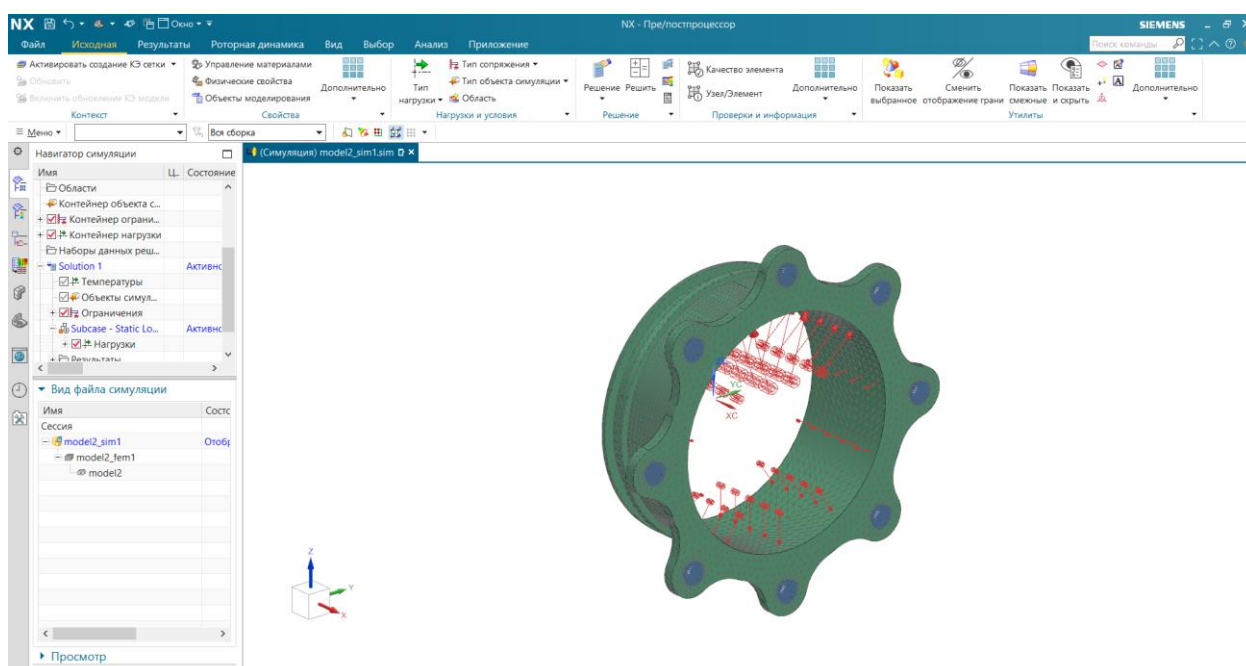


Рисунок 2.6 – 3D-модель з накладеними обмеженнями

Далі був виконаний розрахунок напружено-деформованого стану перехідника та отримано графічне зображення розподілу напружень (рис. 2.7).

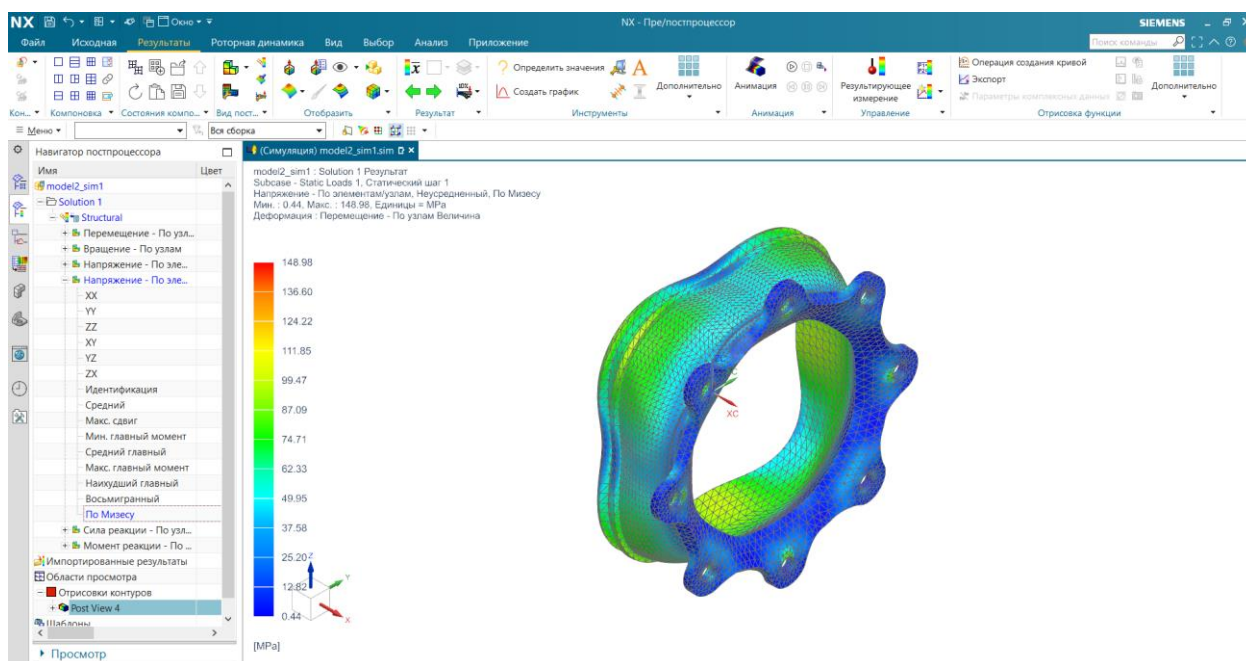


Рисунок 2.7 – Розподіл напружень

Максимальне значення напруження в отворах та на переході фланцю в шийку становило 145 МПа.

Згідно формули (2.13) зробимо перевірки максимального напруження:

$$\sigma_{max} = 145 \text{ МПа} \leq \frac{540}{2} = 270 \text{ МПа}$$

Результати розрахунку виявили майже 2 рази більший запас міцності деталі «Перехідник», що говорить про те, що конструкцію та розміри можна вважати прийнятими.

3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

Річна верстатоемність розраховується для кожної операції за формулою:

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

де N – річна програма випуску.

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 $F_g \cdot m = 4000$ год – 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 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:

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

$$\overline{K_3} = \frac{0,6}{6} = 0,1$$

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

Параметри	Номер операції					
	015	020	025	030	035	040
	Модель верстата					
	BL-TK36S	BL-TK36S	BL-TK36S	BL-TK36S	BL-TK36S	FNG 40
$t_{ш-к}$	6,12	4,8	16,51	11,04	8,84	10,29
T	15300	12006,7	41275	27607,5	22107,5	25733,3
S_p	0,06	0,05	0,17	0,12	0,09	0,11
S_n	1	1	1	1	1	1
K_3	0,06	0,05	0,17	0,12	0,09	0,11

Розраховуємо кількість деталей-операцій, що виконуються на технологічній лінії обробки деталей «Перехідник»: $O=6$ деталей-операцій.

Призначаємо багатOVERстатну обробку на токарній групі верстатів з ЧПК (операції 015...035). Максимальне значення основного часу буде на операції 025 – 13 хв.

Розрахуємо кількість верстатів, яке 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;

$t_{\text{пер}}$ – час на перехід від верстата до верстата.

$$m_s = \frac{13 + 1,1}{1,4 + 0,15} = 9$$

Число операторів у зоні обслуговування розраховуємо за формулою:

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

$$R_1 = \frac{5}{9} = 0,55$$

Згідно розрахунків для роботи на п'ятьох верстатах призначаємо одного оператора. Таким чином, для обслуговування $O=6$ верстатів необхідно $M=2$ робочих місця.

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операції за формулою:

$$K_{30} = \frac{O}{M} \quad (3.7)$$
$$K_{30} = \frac{6}{2} = 3$$

$1 < K_{30} < 10$, тому остаточно тип виробництва приймаємо як серійний, а форму організації виробництва на лінії обробки – змінно-потоккову. Але через те, що середній коефіцієнт завантаження верстатів досить малий (0,1), то ділянку виробництва деталей «Перехідник» необхідно завантажити типовими деталями до рівня $\overline{K_3} > 0,75$.

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

При розробці технологічного процесу виготовлення деталі «Перехідник» розрахуємо економічну ефективність застосування різного типу обладнання. Перший варіант процесу містить обробку на токарних та свердлильних універсальних верстатах. Другий варіант містить обробку на токарних та фрезерно-свердлильних верстатах з ЧПК (табл. 4.1). Розрахуємо технологічну собівартість виготовлення деталі «Перехідник» за двома технологічними процесами згідно рекомендацій [9], та визначимо річну економію (збиток) від впровадження розробленої технології.

Визначимо заробітну плату основних виробничих робітників за формулою [9]:

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

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

$t_{шти}$ – норма штучного часу виконання і-ой операції, год;

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

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

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

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.2, 4.3.

Визначимо заробітну плату наладчиків верстатів ЧПК за формулою [9]:

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

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

$Ч_n$ – чисельність робітників відповідної категорії, чол;

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Розрахункові параметри	Перший варіант						Другий варіант				
Модель верстата	1K62	1K62	1K62	1K62	1K62	1K62	BL- TK36S	BL- TK36S	BL- TK36S	BL- TK36S	BL- TK36S
Загальний штучно-калькуляційний час на даних моделях верстатів $\sum t_{шт-к}$, хв	15,2	12,3	14,2	5,8	6,3	7,4	5,46	4,14	15,51	10,04	7,84
Розряд верстатника	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5
Розряд наладчика	-	-	-	-	-	-	5	5	5	5	5
Число верстатів, що обслуговуються за зміну: верстатником наладчиком	-	-	-	-	-	-	10	10	10	10	10
Тарифна ставка основного робітника, грн/год	76,6	76,6	76,6	76,6	76,6	76,6	57,5	57,5	57,5	57,5	57,5
Тарифна ставка наладчика, грн/год	-	-	-	-	-	-	57,7	57,7	57,7	57,7	57,7
Число змін m	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Оптова ціна верстата F, грн	166000						983117				
Число верстатів, C_p	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Норма амортизаційних відрахувань N_a , %	14	14	14	14	14	14	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2
Встановлена потужність електродвигунів N, кВт	10	10	10	10	10	10	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5

Φ_p – річний фонд часу одного, $\Phi_p = 2096$ год;

m_{on} – кількість операцій у технологічному процесі.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.2 – Заробітна плата верстатника за першим варіантом

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}, \text{хв}$	$C_{тар}, \text{грн}$	$k_{доп}$	$k_{соц}$	$З_o, \text{грн}$
010	Токарна	15,2	76,6	1,2	1,4	32,60
015	Токарна	12,3	76,6	1,2	1,4	26,38
020	Токарна	14,2	76,6	1,2	1,4	30,46
025	Токарна	5,8	76,6	1,2	1,4	12,44
030	Токарна	6,3	76,6	1,2	1,4	13,51
035	Токарна	7,4	76,6	1,2	1,4	15,87
					Σ	131,26

Таблиця 4.3 – Заробітна плата верстатника за другим варіантом

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}, \text{хв}$	$C_{тар}, \text{грн}$	$k_{доп}$	$k_{соц}$	$З_o, \text{грн}$
15	Токарна	5,46	57,5	1,2	1,4	8,79
20	Токарна	4,14	57,5	1,2	1,4	6,67
25	Токарна	15,51	57,5	1,2	1,4	24,97
30	Токарна	10,04	57,5	1,2	1,4	16,16
35	Токарна	7,84	57,5	1,2	1,4	12,62
					Σ	69,21

Таблиця 4.4 – Заробітна плата наладчиків верстатів ЧПК

№ опер	Найменування операції	$\Phi_p, \text{год}$	$C_{тар}, \text{грн}$	Ψ_n	$k_{доп}$	$k_{соц}$	$З_o, \text{грн}$
15	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	20,32
20	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	20,32
25	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	20,32
30	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	20,32
35	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	20,32
						Σ	81,27

Визначимо амортизацію на обладнання за формулою [9]:

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

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.

Визначимо витрати на інструмент за формулою [9]:

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

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;

η_m – 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;

$n_{\text{ін}}$ – 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 4.5 – Відрахування на амортизацію обладнання за першим варіантом

№ опер	Найменування операції	$t_{\text{шт}}$, хв	К, грн	На, %	F_d	$A_{\text{від}}$, грн
1	2	3	4	5	6	7
010	Токарна	15,2	166000	14	4015	1,47
015	Токарна	12,3	166000	14	4015	1,19
020	Токарна	14,2	166000	14	4015	1,37

Продовження таблиці 4.5						
1	2	3	4	5	6	7
025	Токарна	5,8	166000	14	4015	0,56
030	Токарна	6,3	166000	14	4015	0,61
035	Токарна	7,4	166000	14	4015	0,71
					Σ	5,9

Таблиця 4.6 – Відрахування на амортизацію обладнання за другим варіантом

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	К, грн	На, %	F_d	$A_{від}$, грн
15	Токарна	5,46	983117	12,2	4015	2,72
20	Токарна	4,14	983117	12,2	4015	2,06
25	Токарна	15,51	983117	12,2	4015	7,72
30	Токарна	10,04	983117	12,2	4015	5,00
35	Токарна	7,84	983117	12,2	4015	3,90
					Σ	21,4

Таблиця 4.7 – Витрати на інструмент за першим варіантом

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	Найменування інструменту	C_i грн	$n_{ін}$	T, хв	n_j	η_{MI}	$S_{ін}$ Грн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
010	Токарна	15,5	Різець прохід.	500	2	60	3	0,4	12,67
015	Токарна	18,6	Різець розт.	500	2	60	3	0,4	10,25
020	Токарна	20,3	Різець прохід.	500	2	60	3	0,4	11,83
025	Токарна	16,8	Різець розт.	500	2	60	3	0,4	4,83
030	Токарна	12,3	Різець прохід.	500	2	60	3	0,4	5,25
035	Токарна	11,2	Різець розт.	500	2	60	3	0,4	6,17
								Σ	51,0

Таблиця 4.8 – Витрати на інструмент за другим варіантом

№ опер	Найменування операції	t _{шт} , хв	Найменування інструменту	Ц _i грн	n _{ін}	T, хв	n _j	η _{МІ}	S _{ін} Грн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
015	Токарна	5,46	Різець прохід.	500	2	60	3	0,4	2,88
			Різець прохід.	500	2	60	3	0,4	1,67
020	Токарна	4,14	Різець прохід.	500	2	60	3	0,4	1,78
			Різець розт.	500	2	60	3	0,4	1,67
025	Токарна	15,51	Різець прохід.	500	2	60	3	0,4	8,33
			Різець прохід.	500	2	60	3	0,4	4,59
030	Токарна	10,04	Різець прохід.	500	2	60	3	0,4	4,20
			Різець розт.	500	2	60	3	0,4	4,17
035	Токарна	7,84	Різець прохід.	500	2	60	3	0,4	3,20
			Різець розт.	500	2	60	3	0,4	3,33
								Σ	35,83

Визначимо витрати на електроенергію за формулою [9]:

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

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

η – коефіцієнт корисної дії обладнання;

k_B – коефіцієнт виконання норм часу;

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.9, 4.10.

Таблиця 4.9 – Витрати на електроенергію за першим варіантом

№ опер	Найменування операції	$t_{шт},$ хв	C_e грн	N_e кВт	k_N	$k_{ч}$	$k_{од}$	k_w	η_e	k_B	$S_e,$ грн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
010	Токарна	15,2	3,45	10	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,75
015	Токарна	12,3	3,45	10	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,22
020	Токарна	14,2	3,45	10	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,57
025	Токарна	5,8	3,45	10	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	1,05
030	Токарна	6,3	3,45	10	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	1,14
035	Токарна	7,4	3,45	10	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	1,34
										Σ	11,06

Таблиця 4.10 – Витрати на електроенергію за другим варіантом

№ опер	Найменування операції	$t_{шт},$ хв	C_e грн	N_e кВт	k_N	$k_{ч}$	$k_{од}$	k_w	η_e	k_B	$S_e,$ грн
015	Токарна	5,46	3,45	5,5	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	1,34
020	Токарна	4,14	3,45	5,5	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	1,01
025	Токарна	15,51	3,45	5,5	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	3,79
030	Токарна	10,04	3,45	5,5	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	2,45
035	Токарна	7,84	3,45	5,5	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	1,92
										Σ	10,51

Визначимо витрати на обслуговування та ремонт обладнання за формулою [9]:

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

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

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.11, 4.12.

Таблиця 4.11 – Витрати на ремонт та обслуговування обладнання за першим варіантом

№ опер	Найменування операції	Ц _{то} , грн	K _p	C _p	S _p , грн
010	Токарна	166000	0,02	0,64	0,85
015	Токарна	166000	0,02	0,64	0,85
020	Токарна	166000	0,02	0,64	0,85
025	Токарна	166000	0,02	0,64	0,85
030	Токарна	166000	0,02	0,64	0,85
035	Токарна	166000	0,02	0,64	0,85
				Σ	5,1

Таблиця 4.12 – Витрати на ремонт та обслуговування обладнання за другим варіантом

№ опер	Найменування операції	Ц _{то} , грн	K _p	C _p	S _p , грн
015	Токарна	983117	0,02	0,78	6,13
020	Токарна	983117	0,02	0,78	6,13
025	Токарна	983117	0,02	0,78	6,13
030	Токарна	983117	0,02	0,78	6,13
035	Токарна	983117	0,02	0,78	6,13
				Σ	30,67

Визначимо витрати на налаштування інструментів поза верстатом за формулою [9]:

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

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

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

$t_{\text{ін}}$ – середній час налаштування одного інструменту поза верстатом ($t_{\text{ін}} = 4$ хв – для токарних верстатів з ЧПК; $t_{\text{ін}} = 5$ хв – для верстатів з ЧПК свердлильної, фрезерної та розточувальної груп).

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	$C_{\text{гн}}$, грн/год	n_i	$t_{\text{ін}}$, хв	K_T	T_M	m	S_H , грн
015	Токарна	Різець прохід.	5,46	50,9	6	4	0,9	60	2	0,10
		Різець прохід.		50,9	6	4	0,9	60	2	0,08
020	Токарна	Різець прохід.	4,14	50,9	6	4	0,9	60	2	0,07
		Різець розт.		50,9	6	4	0,9	60	2	0,07
025	Токарна	Різець прохід.	15,51	50,9	6	4	0,9	60	2	0,33
		Різець прохід.		50,9	6	4	0,9	60	2	0,17
030	Токарна	Різець прохід.	10,04	50,9	6	4	0,9	60	2	0,17
		Різець розт.		50,9	6	4	0,9	60	2	0,17
035	Токарна	Різець прохід.	7,84	50,9	6	4	0,9	60	2	0,10
		Різець розт.		50,9	6	4	0,9	60	2	0,16
									Σ	1,41

Визначимо інші загальновиробничі витрати за формулою [9]:

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

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

$$I_{H1} = 131,26 \cdot 0,2 = 40,62 \text{ грн}$$

$$I_{H2} = 69,21 \cdot 0,2 = 14,31 \text{ грн}$$

Розрахуємо технологічну собівартість за формулою [9]:

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

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	Новий
Заробітна плата верстатника	Z_o	131,26	69,21
Заробітна плата наладчика	Z_H		81,27
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{\text{від}}$	5,9	21,4
Витрати на різальний інструмент	$S_{\text{ін}}$	51	35,83
Витрати на електроенергію	S_e	11,06	10,51
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	S_p	5,1	30,67
Витрати на налаштування інструментів поза верстатом	S_H		1,41
Витрати інші	I_H	26,25	13,84
Технологічна собівартість	C_T	230,57	264,14

Розрахуємо умовний економічний ефект за формулою [9]:

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

$$E_{\text{yp}} = (230,57 - 264,14) \cdot 2500 = -83925 \text{ грн}$$

Згідно розрахунків при використанні верстатів з ЧПК з річною партією 2500 шт не має економії від впровадження за статтею собівартість, а є збитки рівні 83925 грн. Для отримання прибутку необхідно збільшити програму випуску даної деталі або дозавантажити дільницю іншими деталями.

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

Таблиця 4.15 - Капітальні витрати на обладнання за першим ТП

№ опер	Найменування операції	T _{шт} , хв	Ц, грн	F _д	K _о , грн
010	Токарна	15,2	166000	4015	10,47
015	Токарна	12,3	166000	4015	8,48
020	Токарна	14,2	166000	4015	9,78
025	Токарна	5,8	166000	4015	4,00
030	Токарна	6,3	166000	4015	4,34
035	Токарна	7,4	166000	4015	5,10
		Σ	830000	Σ	42,17

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 $B_{нав}$.

Таблиця 4.16 - Капітальні витрати на обладнання за другим ТП

№ опер	Найменування операції	$T_{шт}, хв$	Ц, грн	F_d	$K_o, грн$
015	Токарна	5,46	983117	4015	22,28
020	Токарна	4,14	983117	4015	16,90
025	Токарна	15,51	983117	4015	63,3
030	Токарна	10,04	983117	4015	40,97
035	Токарна	7,84	983117	4015	32,00
		Σ	4915585	Σ	175,44

У таблиці 4.17 наведено результати порівняння.

Таблиця 4.17 - Порівняння варіантів ТП за наведеними витратами

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Перший	Другий
Технологічна собівартість деталі	C_T	230,57	264,14
Капітальні витрати на деталь	K_o	42,17	175,44
Наведені витрати на деталь	W_o	272,74	439,58
Собівартість річної програми	C_p	830000	4915585
Капітальні витрати на програму	$K_{оріч}$	105425	438600
Наведені витрати на програму	$W_{річ}$	681850	1098950
Річна економія (збиток), грн	ΔW	-417100	

Аналіз таблиці 4.17 показує, що придбання та використання високотехнологічного дорогого обладнання в умовах багатосерійного типу виробництва дає збиток 417100 грн.

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

$$N_{кр} = \frac{(C_{2\text{пост}} - C_{1\text{пост}}) + 0,15 \cdot (K_2 - K_1)}{C_{13\text{м}} - C_{23\text{м}}}, \text{ шт} \quad (4.13)$$

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

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

$C_{2\text{пост}}$ - 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;

$C_{13\text{м}}$ - умовно-змінні витрати на 1 деталь за першим варіантом;

$C_{23\text{м}}$ - умовно-змінні витрати на 1 деталь за другим варіантом.

$$N_{кр} = \frac{(4915585 - 830000) + 0,15 \cdot (439,58 - 272,74)}{264,14 - 230,57} = 121702,7 \text{ шт}$$

Таким чином, якщо програма випуску менше $N_{кр}$, то більш вигідний перший варіант ТП. Якщо більше – 121702,7шт, то більш вигідний другий варіант ТП.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці при обробці деталі «Перехідник» на токарних верстатах з ЧПК є важливою складовою технологічного процесу і спрямована на забезпечення безпеки оператора, попередження виробничого травматизму та створення належних умов праці.

Перед початком роботи оператор повинен пройти інструктаж з техніки безпеки, перевірити справність обладнання, наявність заземлення, цілісність електричних кабелів і захисних кожухів. Особливу увагу слід приділяти перевірці системи аварійної зупинки верстата, блокувальних пристроїв та працездатності системи ЧПК. Робоче місце має бути чистим, без сторонніх предметів, що можуть заважати роботі або спричинити травмування.

Під час роботи на токарному верстаті з ЧПК оператор повинен використовувати засоби індивідуального захисту: захисні окуляри або щиток, спецодяг, що щільно прилягає до тіла, та взуття з неслизькою підошвою [10]. Забороняється працювати в одязі з вільними елементами, які можуть бути захоплені обертовими частинами верстата. Довге волосся має бути прибрано під головний убір.

Обробка деталі «Перехідник» супроводжується утворенням стружки, яка може бути гострою та гарячою. Видалення стружки дозволяється тільки після повної зупинки шпинделя за допомогою спеціальних гачків або щіток, якщо не прибирається автоматично. Категорично заборонено прибирати стружку руками або під час обертання заготовки. Також необхідно контролювати подачу мастильно-охолоджувальної рідини для зменшення температури різання та запобігання перегріву інструмента.

При роботі з ЧПК важливо правильно вводити та перевіряти керуючу програму. Помилки в програмі можуть призвести до аварійних ситуацій, пошкодження інструмента або верстата. Перед запуском обробки

рекомендується виконувати пробний прогін без заготовки або на знижених швидкостях.

Особливу небезпеку становлять обертові частини верстата (патрон, заготовка, різальний інструмент). Забороняється торкатися їх під час роботи, а також проводити вимірювання або наладку без повної зупинки обладнання. Усі налагодочні роботи повинні виконуватись у відповідному режимі з дотриманням інструкцій виробника.

Електробезпека передбачає використання обладнання із заземленням, заборону самостійного втручання в електричну частину верстата та проведення ремонтних робіт лише кваліфікованим персоналом. У разі виникнення поломки, верстат необхідно негайно зупинити та повідомити відповідального спеціаліста.

Також слід дотримуватись вимог пожежної безпеки: не допускати накопичення мастильних матеріалів, своєчасно очищати робочу зону від стружки та мати в наявності засоби пожежогасіння (вогнегасники). Забороняється використовувати відкритий вогонь поблизу верстата.

Після завершення роботи необхідно вимкнути верстат, прибрати робоче місце, очистити обладнання від стружки та залишків мастильно-охолоджувальної рідини [10].

Дотримання зазначених вимог охорони праці забезпечує безпечну та ефективну обробку деталі «Перехідник» на токарних верстатах з ЧПК, знижує ризик травматизму та підвищує надійність виробничого процесу.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі розроблено технологічний процес виготовлення перехідника насоса охолоджувальної системи авіаційного двигуна. Було економічно обґрунтовано отримання заготовки литтям по витоплюваним моделям, розраховано масу заготовки (0,5 кг), коефіцієнт використання матеріалу (0,4). Економічний ефект від впровадження отримання заготовки литтям становив 5300 грн.

Був розроблений маршрут виготовлення деталі, який містить замість токарної та свердлильної обробки на універсальних верстатах обробку на верстатах з ЧПК. За рахунок цих заходів зменшився загальний час оброблення деталі та собівартість її виготовлення.

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

Було спроектовано робоче пристосування для свердлильної операції. Для нього було розраховано похибку встановлення, був проведений розрахунок на точність, розраховано зусилля затиску і обраний пневмоциліндр. Також було спроектовано контрольне пристосування для контролю биття торцю.

Розроблено планування ділянки з виробництва деталі «Перехідник». Було визначено кількість технологічного обладнання – 6 верстатів, чисельність основних виробничих робітників – 2 особи.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Сплав ВТ5Л. URL: <https://evek.com.ua/materials/splav-vt5l.html> (дата звернення : 01.05.2026).
2. Богуслаєв В.О., Ципак В.І., Яценко В.К. Основи технології машинобудування : навчальний посібник для студ. Машинобуд. спец. вищ. навч. закл. Запоріжжя : ВАТ «Мотор Січ», 2003. 336 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. Т. 1. 694 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 «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання / "Запорізька політехніка" нац. ун-т. Каф. теоретичної та прикладної механіки; уклад. : Н.В. Гончар, Л.О. Тумарченко, В.М. Томілін. Запоріжжя : НУ "Запорізька політехніка", 2024. 74 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. М. : Машиностроение, 1985. Т. 2. 652 с.
6. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания при нормировании работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 2. Нормативы режимов резания. М. : Экономика, 1990. 472с.
7. Справочник нормировщика – машиностроителя / под ред. Е.И. Стружестраха. М. : Машгиз, 1961. Т. 2. 890 с.
8. Богуслаев В.А., Леховицер В.А., Смирнов А.С. Станочные приспособления. Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2000. 430 с.
9. Методичні рекомендації для дипломного проектування “Оцінка економічної ефективності технічних рішень” для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології

машинобудування» усіх форм навчання / "Запорізька політехніка" нац. ун-т. Каф. теоретичної та прикладної механіки; уклад. : Г.В. Пухальська Н.В. Запоріжжя : НУ "Запорізька політехніка", 2023. 41 с.

10. Винокурова Л. Е., Васильчук М. В., Гаман М. В. Основи охорони праці : Підручн. для проф. -техн. навч. закладів. – 2-ге вид., допов., перероб. Київ : Вікторія, 2001. 192 с.

ДОДАТОК А

Технологічні карти

НУЗП 0214.126029	Листів 2	Лист 1
------------------	----------	--------

А	Цех	Діл	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа										
Б	Код, найменування устаткування					СМ	Проф.	Р	УП	КП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тп.з.	Тшт

[illegible]

Додл.														
Взам.														
Подл.														

НУЗП 0214.126029 Листів 2 Лист 2

НУЗП

НУЗП 713642.029

М-113сп.1014.1.000001

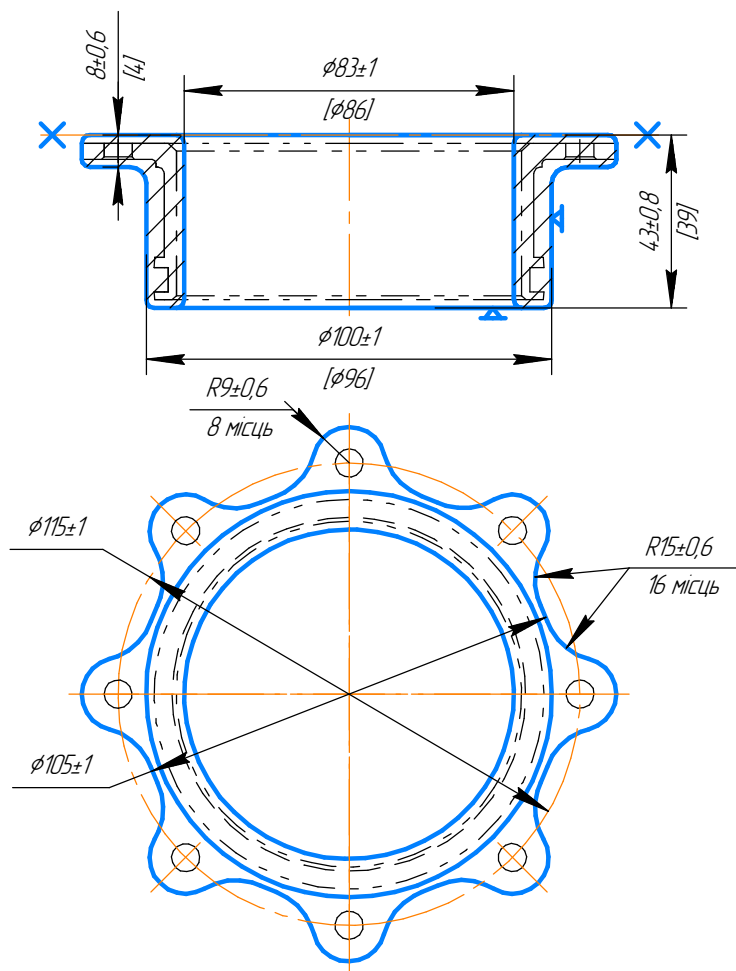
А	Цех	Діл	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа								
Б	Код, найменування устаткування					СМ	Проф.	Р	УП	КП	КОВД	ОН	ОП	Кшт

А 01				035	4233 Токарна з ЧПК					ЮП №003				
Б 02	381021				Токарний з ЧПК ВЛ-ТК36S	2	16045	5	1	1	1	шт	30	1
03														
А 04				040	4214 Свердлильна					ЮП №004				
Б 05	381024				Фрезерний з ЧПК FNG 40	2	16045	5	1	1	1	шт	30	1
06														
А 07				045	0190 Слюсарна					ЮП №005				
Б 08	XXXXXX				Верстак	2	18446	5	1	1	1	шт	30	1
09														
А 10				050	0125 Мийна					ЮП №006				
Б 11	514230				Мийна установка	2	11629	5	1	1	1	шт	30	1
12														
А 13				055	0200 Контрольна					ЮП №007				
Б 14	XXXXXX				Контрольний стіл	2	13063	5	1	1	1	шт	30	1
15														
16														
17														
18														
19														

Дцдл				Гл.технолог
Взам				Нач. БПМ
Ориг.				

Форма 170-162

					Опер 005	НУЗП 0214.126029	1	1	
Розроб.	Рупевський			НУЗП	НУЗП 713642.029		М-113сп.2014.1.00005		
Перевір.	Гончар								
				Перехідник					005
Н.контр.	Дядя								



√ Ra25

Технічні умови на заготовку				
Матеріал		Заготовка		
Найменування та марка	Код	Код і вид	Профіль і розмір	
Титановий сплав BT5-1 ОСТ 1 90096-73		виливок	133x43	
Технічні умови		Маркування	Твердість	Маса деталі
ГОСТ 7505-74			260...320 HB	0,2
Сортамент		Допустима кривизна		КВМ
		0,5		0,4
Розмір вихідного матеріалу		Кіл.дет. із заг.	Норма розходу	
			Розм. листа, прутка	Маса
φ50x40		1		0,5

1. Заготовка – виливок по 36-ТУ-45, група контролю 3.
2. 260...320 HB. Група контролю I – по ОСТ 1 00021-78.
3. Невказані радіуси округлення 2...4 мм.
4. Невказані ливарні нахили не більше 3.
5. Дефекти: раковини, забоїни не більше 0,5 допуску на обробку.

Карта заготовки

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

НУЗП 0214.1.26029

1

1

Розроб. Рулевський

НУЗП

НУЗП 71364.2.029

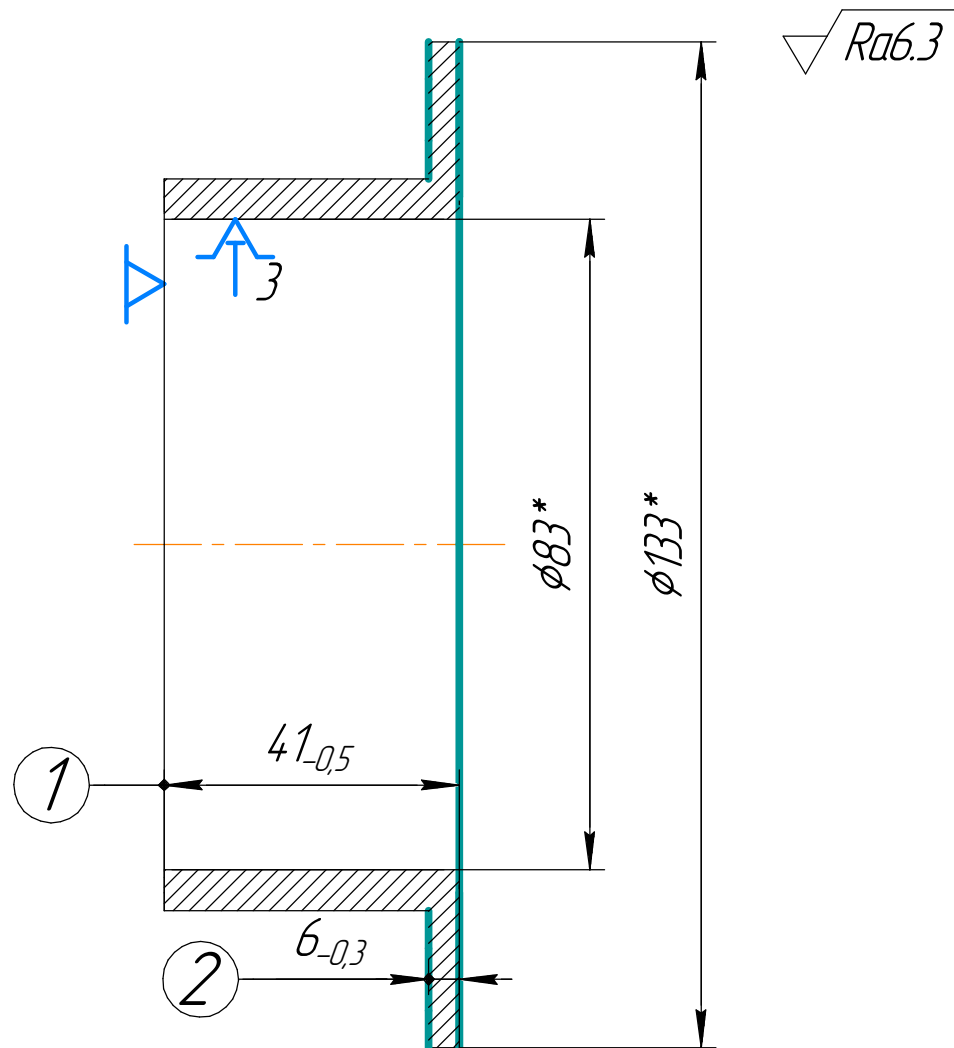
М-113сп.2014.1.00015

Перевір. Гончар

Н. контр. Дядя

Перехідник

015



* розміри для довідок

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

--	--	--	--	--

НУЗП 0214.1.26029

1

1

Розроб. Рулевський

НУЗП

НУЗП 71364.2.029

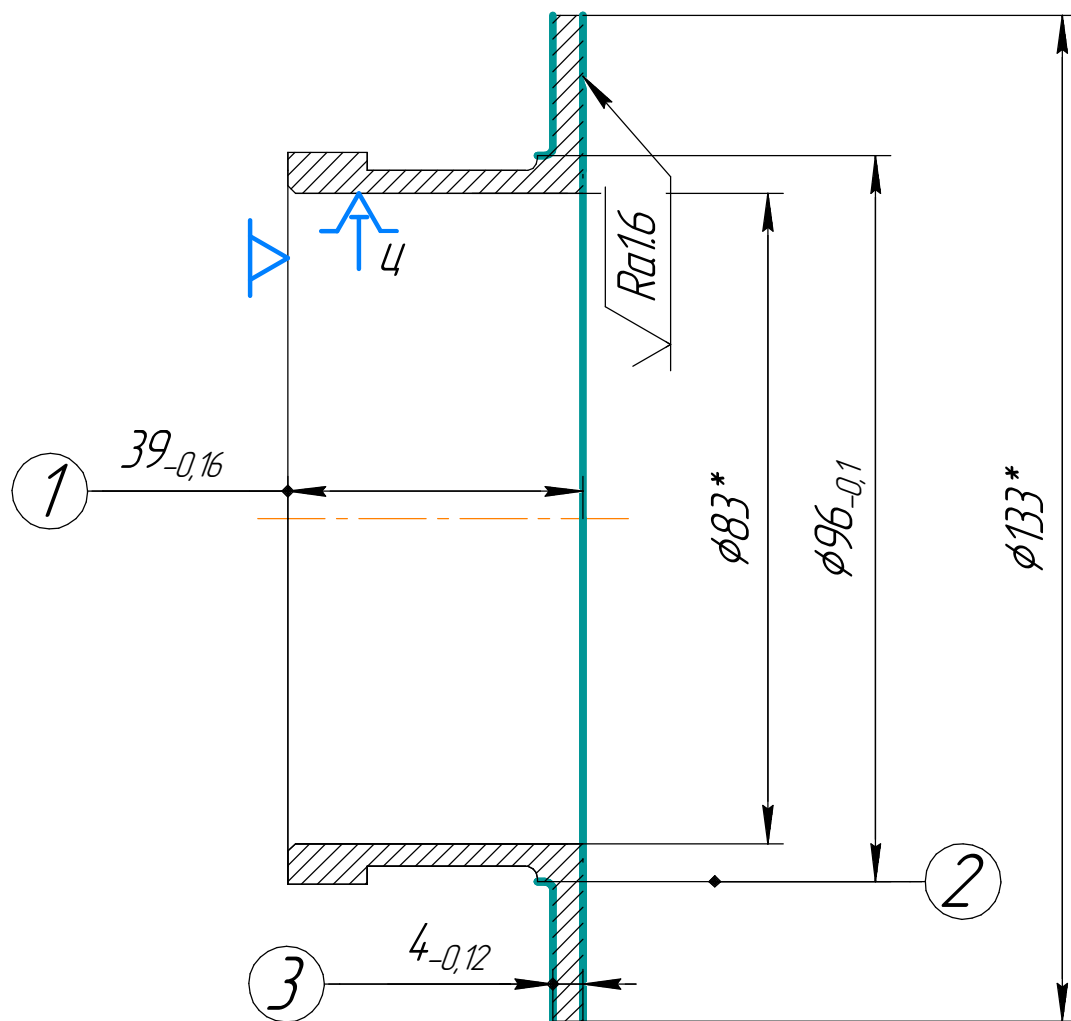
М-113сп.2014.1.00025

Перевір. Гончар

Н. контр. Дядя

Перехідник

025

 $\sqrt{Ra3,2(\sqrt{1})}$ 

* розміри для довідок

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

--	--	--	--	--

НУЗП 0214.1.26029

1

1

Розроб. Рулевський

НУЗП

НУЗП 71364.2.029

М-113сп.2014.1.00040

Перевір. Гончар

Н. контр. Дядя

Перехідник

040

