

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
переднього фланцю соплового апарата»

Виконав: студент(ка) IV курсу, групи М-110сп

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

«Технології машинобудування»

Карамушка Д.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник Гончар Н.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Матюхін А.Ю.

(прізвище та ініціали)

2023

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри С.І. Дядя
« _____ » _____ 20__ року

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

- _____ Карамушка Дарії Романівни _____
(прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема проекту (роботи) Вдосконалення технологічного процесу виготовлення переднього фланцю соплового апарата
- керівник проекту (роботи) Гончар Н.В., канд. техн. наук, доцент _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом закладу вищої освіти від 03.04.2023 року №83
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 01.06.2023 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) робоче креслення деталі;
річна програма випуску N=3000 дет.
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 заходів; 5 Охорона праці
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Креслення деталі, заготовки; графічне зображення 3D-моделей деталі та заготовок; маршрут виготовлення деталі; графічне зображення етапів підготовки УП для верстатів з ЧПК; креслення робочого пристосування; графічне зображення результатів розрахунку деталі на міцність

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-3,5	Гончар Н.В.		
4	Пухальська Г.В.		
Нормоконтроль	Дядя С.І.		

7. Дата видачі завдання « 01 » 03 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	26.02.2023	
2	Конструкторська частина	30.03.2023	
3	Розробка планування ділянки	22.04.2023	
4	Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів	29.04.2023	
5	Охорона праці	20.05.2023	
6	Захист курсового проекту.	08.06.2023	

Студент(ка)

_____ Карамушка Д.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ Гончар Н.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: с.92, 24 рис., 29 табл., 14 джерел, 2 дод.

ВЕРСТАТ, ЗАГОТОВКА, ІНСТРУМЕНТ, МАРШРУТ ОБРОБКИ,
НОРМУВАННЯ, ОПЕРАЦІЯ, ПРИСТОСУВАННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ,
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ФЛАНЕЦЬ ПЕРЕДНІЙ

Об'єкт дослідження – фланець передній соплового апарату.

Тема дипломного проекту: «Вдосконалення технологічного процесу виготовлення переднього фланцю соплового апарату» в умовах серійного виробництва. Деталь «Фланець передній» із титанового сплаву BT-20 є складовою частиною соплового апарату I-го ступеню газотурбінного двигуна Д-30КУ.

Метою дипломного проекту є вдосконалення базового технологічного процесу при серійному типу виробництва.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В технологічний процес були внесені такі зміни:

- було об'єднано операції 040, 045, 050 в одну комплексну, де за один установ обробляється деталь.
- змінено спосіб отримання заготовки;
- запропоновано використання більш сучасного обладнання;
- механізовано слюсарні операції.

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 методу отримання заготовки.....	11
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі	14
1.4.1 Вибір технологічних баз.....	14
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	15
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	18
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	20
1.6 Розрахунок режимів різання	24
1.6.1 Визначення режимів різання та основного часу на операцію 010.....	24
1.6.2 Визначення режимів різання та основного часу на операцію 040.....	29
1.7 Технічне нормування операцій.....	36
1.7.1 Нормування операції 010	36
1.7.2 Нормування операції 040	40
1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК	42
1.8.1 Розробка токарної операції 010	42
1.8.2 Розробка фрезерно-свердлильної операції 040	43
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	46
2.1 Проектування робочого пристосування	46
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	46
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність	47
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу.....	50
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	52
2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування	52

2.3 Розрахунок на міцність деталі, її конструктивного елемента	53
3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ	58
3.1 Визначення кількості обладнання та коефіцієнт завантаженості	58
3.2 Визначення чисельності основних виробничих робітників :	60
4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ	62
5 ОХОРОНА ПРАЦІ. ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ З ТИТАНОМ.....	73
ВИСНОВКИ.....	75
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	77
ДОДАТОК А. Специфікація	79
ДОДАТОК Б. Технологічні карти	82

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ВПД – система верстат–пристосування–інструмент–деталь

ГКМ – горизонтально-кувальна машина

КГШП – кривошипний гаряче штампувальний прес

МОП – маршрут обробки поверхонь

поз. – позиція

пов.– поверхня

ТП – технологічний процес

ЧПК – числове програмне керування

ВСТУП

Світ не стоїть на місці, кожного дня відбуваються прориви в певних технологічних сферах, і це також стосується машинобудування. На даний час машинобудування є однією із провідних галузей в світі. Але не зважаючи на високий рівень розвитку галузі, люди продовжують проводити різноманітні досліді, завдяки яким отримують більш точні результати, які допомагають ефективніше оцінювати ризик при проектуванні та не допускати їх.

Також це стосується технологічного процесу виготовлення виробів. Процес повинен забезпечувати не тільки швидке виконання поставлених завдань, але й забезпечувати якісь виробу при цьому знижуючи витрати на виготовлення. Це все залежить від правильності проведених розрахунків та заходів. Тому розробляючи ТП потрібно враховувати всі фактори, які можуть вплинути на виготовлення виробів. Неправильно розроблені процеси призводять до появи браку або значних витрат на виготовлення деталі, що може негативно відобразитись на виробництві.

Тому, маючи базовий ТП, було вирішено внести до нього зміни, вдосконалити. Підвищити якість виготовлення, ефективність виконання поставлених завдань та зменшити витрати на виготовлення.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Деталь «Фланець передній соплового апарата» (рис.1.1) є складовою частиною соплового апарата І-го ступеню двигуна Д-30КУ. Вона виготовлена із титанового сплаву ВТ-20, хімічний склад та характеристики якого вказані в таблицях 1.1, 1.2, 1.3.

Фланець передній являє собою ступінчасте кільце.

По внутрішній поверхні вифрезерувані спеціальні вибірки, в яких просвердлюють 21 пару отворів $\varnothing 1.5$, для того, щоб здійснювати охолодження соплового апарату.

По зовнішній поверхні в корпусі фрезеруються спеціальні ділянки для свердління отворів, які призначені для виводу термопари.

До фланця прикріплюють підкладку, для того щоб прикріпити його в вузол.

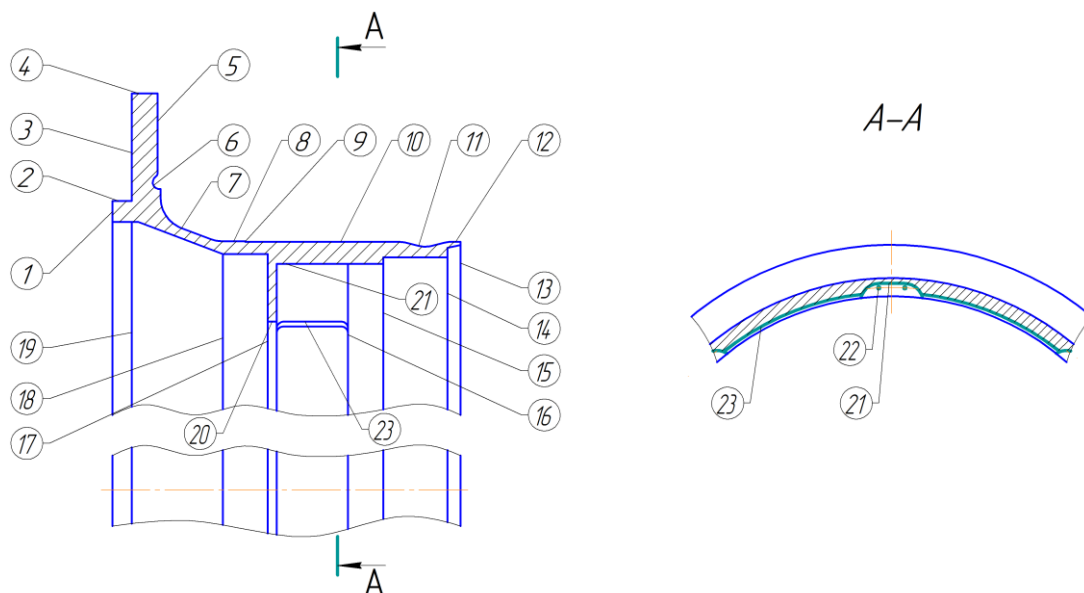


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сплаву ВТ-20 при температурі 20°C [11]

σ_B (МПа)	σ_T (МПа)	Ψ , %	КСУ (кДж/м ²)	НВ (МПа)
950 - 1150	840	25	450	255 - 341

Таблиця 1.2 – Характеристика сплаву [12]

Класифікація	титановий сплав, який деформується
Застосування:	деталі, що тривало працюють за температури до 500°; корозійна стійкість; клас за структурою псевдо α

Таблиця 1.3 – Хімічний склад титанового сплаву ВТ-20 [11]

Fe,%	C,%	Si,%	Mo,%	V,%	N,%	Ti,%	Al,%	Zr,%	O,%	H,%
0,3	0,1	0,15	0,5-2	0,8-2,5	0,05	84,9-91,7	5,5-7	1,5-2,5	0,15	0,012

Для даної деталі зі сплаву ВТ-20 не передбачено термічну обробку по технологічному процесу.

Титан і його сплави схильні до крихкості за температури понад +500 °С через здатність швидко поглинати водень і легко окислюватися. Щоб цього не відбулось до титану додають легуючі елементи.

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Тип виробництва обираємо серійний з маси деталі та річної програми випуску за таблицею [1,табл.1.1,с.15].

Розраховуємо обсяг партії [4,с.6]:

$$n = \frac{a \cdot N}{A}$$

де a – періодичність запуску деталей у виробництво, днів;

$a = 5$ робочих днів, періодичність запуску деталей у виробництво для 5-ти денного робочого тижня;

N – річна програма випуску, шт;

A – кількість робочих днів у році, $A = 257$

$$n = \frac{5 \cdot 3000}{257} = 60 \text{ деталей}$$

Виходячи з того, що тип виробництва серійний, то форма організації робіт буде непотоковою (по ходу технологічного процесу), зокрема змінно-потоковою.

1.3 Вибір методу отримання заготовки

Густина матеріалу : $\rho = 4,45 \text{ г/см}^3$

Варіанти методів отримання заготовок: КГШП та ГKM

Річна програма $N = 3000$ шт.

Заготовка – штамповка, I група складності M1, точність T2 та група складності C2. Вага деталі $q = 2,8 \text{ кг}$. Тип виробництва – серійний.

1) За допомогою програми NX було спроектовано моделі деталі та заготовок, визначено їх масу:

$$m_{\text{дет}} = 2,8 \text{ кг};$$

$$m_{\text{заг КГШП}} = 12,95 \text{ кг};$$

$$m_{\text{заг ГKM}} = 12,99 \text{ кг}.$$

2) Розрахуємо коефіцієнт використання заготовки [3,с.6]:

$$\eta = \frac{q}{Q}$$

де q – маса готової деталі, кг;

Q - маса заготовки, кг

$$\eta_{\text{кзип}} = \frac{2,8}{12,95} = 0,216$$

$$\eta_{\text{зкм}} = \frac{2,8}{12,99} = 0,215$$

3) Розрахуємо вартість однієї заготовки [3,с.5]:

$$B = \frac{B_{\delta}}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_{\Pi} - (Q - q) \cdot \frac{B_{\text{стр}}}{1000}$$

де B_{δ} - базова вартість виготовлення 1т заготовок, грн;

Q і q - відповідно маса заготовки і готової деталі, кг;

$K_T, K_M, K_B, K_C, K_{\Pi}$ - коефіцієнти, що враховують відповідно клас точності, матеріал, групу складності, масу заготовки, програму випуску;

$B_{\text{стр}}$ - вартість 1т. стружки, грн.

$$B_{\text{кзип}} = \frac{1000000}{1000} \cdot 12,95 \cdot 1,0 \cdot 1,22 \cdot 0,87 \cdot 0,79 \cdot 1,0 - (12,95 - 2,8) \cdot \frac{1770}{1000} = 10840,69 \text{ грн}$$

$$B_{\text{зкм}} = \frac{900000}{1000} \cdot 12,99 \cdot 1,0 \cdot 1,22 \cdot 0,87 \cdot 0,79 \cdot 1,0 - (12,99 - 2,8) \cdot \frac{1770}{1000} = 9784,94 \text{ грн}$$

Після отриманих розрахунків зробимо порівняння:

$$\eta_{\text{кзип}} = 0,216 > \eta_{\text{зкм}} = 0,215$$

$$B_{\text{кзип}} = 10840,69 \text{ грн} > B_{\text{зкм}} = 9784,94 \text{ грн}$$

Виходячи з отриманих результатів, треба розрахувати додаткові витрати на виготовлення заготовок з додатковими витратами на матеріал.

4) Розрахуємо додаткові витрати КГШП за вартістю виготовлення заготовок [3,с.6]:

$$З_{\text{д кгшп}} = (B_{\text{кгшп}} - B_{\text{гкм}}) \cdot N$$

де N - річна програма випуску заготовок, шт

$$E_{\text{г}} = (10858,65 - 9784,94) \cdot 3000 = 3221130 \text{ грн}$$

5) Додаткові витрати ГKM [3,с.6]:

$$M = \frac{q \cdot (\eta_{\text{кгшп}} - \eta_{\text{гкм}})}{\eta_{\text{кгшп}} \cdot \eta_{\text{гкм}}} \cdot N$$

$$M = \frac{2,8 \cdot (0,216 - 0,215)}{0,216 \cdot 0,215} \cdot 3000 = 180,87 \text{ кг}$$

$$B_{\text{м}} = \frac{B_{\text{гкм}}}{1000} \cdot M \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{п}}$$

$$B_{\text{м}} = \frac{9792,47}{1000} \cdot 180,87 \cdot 1,0 \cdot 1,22 \cdot 0,87 \cdot 0,79 \cdot 1,0 = 1485,13 \text{ грн}$$

Внесемо дані до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Порівняльні показники

Показники	Позначення	Вимір	Варіант	
			КГШП	ГKM
1	2	3	4	5
Припуск на сторону	z	мм	2,1(3,0)	2,3(3,0)
Вага заготовки	Q	кг	12,95	12,99
Базова вартість 1т заготовки	$B_{\text{в}}$	грн	1000000	900000
Коефіцієнт	$K_{\text{т}}$	-	1,0	1,0
	$K_{\text{м}}$	-	1,22	1,22
	$K_{\text{с}}$	-	0,87	0,87
	$K_{\text{в}}$	-	0,79	0,79
	$K_{\text{п}}$	-	1,0	1,0
Вартість 1т стружки	$B_{\text{стр}}$	грн	1770	1770
Вартість однієї заготовки	B	грн	10858,65	9784,94
Коефіцієнт використання заготовок	η	-	0,216	0,215

За отриманими розрахунками через те, що додаткові витрати метода ГKM менші, то обираю цей метод, так як він є раціональним.

Річна економія складає:

$$E = Z_{\text{д кгшп}} - Z_{\text{д гкм}}$$

$$E = 3221130 - 1485,13 = 3219644,87 \text{ грн}$$

1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

1.4.1 Вибір технологічних баз

На токарній операції позбавляємо заготовку 5 ступенів свободи залишаємо обертання навколо осі Y.

На фрезерній операції фіксуємо деталь так, щоб не було обертання навколо осей X,Y,Z, тобто деталь позбавляється 6 ступенів свободи.

На свердлильній операції деталь також позбавляється 6 ступенів свободи, через те, що отвори, які отримуються, орієнтуються відносно раніше виготовлених карманів (21 вибірка).

База А (рисунок 1.2,а) використовується для токарної, фрезерної, свердлильної операцій. Вона співпадає з вимірювальною базою, тому похибка базування дорівнює нулю.

Бази Б та В (рисунок 1.2,б) використовуються для того, щоб обробити деталь у вузлі (для чистових токарних операцій). Вони співпадають з вимірювальною базою, тому похибка базування дорівнює нулю.

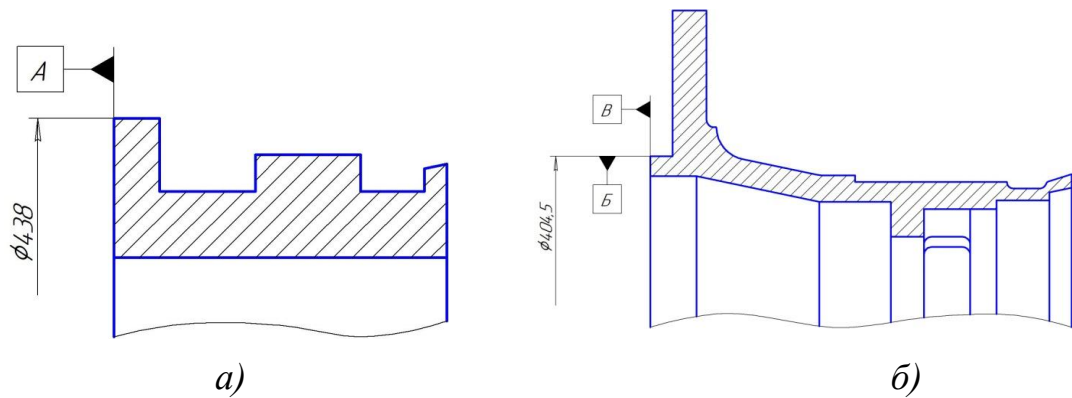


Рисунок 1.2 – Ескізи баз.(а – чорнова база, б – чистова база)

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

План обробки зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 404,5_{-0,12}$.

1) Проаналізувавши робоче креслення деталі та технічні вимоги до даної поверхні маємо: $T_{дд}=120$ мкм, $Ra_{д}=1,6$ мкм. (квалітет h8)

2) Визначимо допуски $T_{дз}$ та $Ra_{з}$ для поверхні вихідної заготовки. Використовуючи [2, табл. 3.3, с.17] встановлюємо:

$es_{дз}=+3,0$; $ei_{дз}=-2,0$; (приблизно 16 квалітет) $T_{дз}=5000$ мкм; $Ra_{з}=80$ мкм.

3) Розрахуємо потрібні уточнення по формулі [3, с.23]:

$$\varepsilon_{oi} = \frac{T_{si}}{T_{di}}$$

де T_{si} - допуски на і-й параметр вихідної заготовки;

T_{di} - допуск за кресленням для того ж і-го параметру готової деталі.

$$\varepsilon_{od} = \frac{5000}{120} = 41,66 \quad \varepsilon_{oRa} = \frac{80}{1,6} = 50$$

За найбільшим показником $\varepsilon_o = 41,66$ розрахуємо приблизну кількість переходів механічної обробки k за лімітованим параметром за формулою [3, с.23]:

$$k_i = 2lg\varepsilon_{oj}$$

де ε_{oj} – максимальне загальне уточнення по параметрам, що контролюються.

$$k_i = 2lg41,66 = 3,24$$

Обираємо $k_i = 3$.

Приблизно визначимо показники точності та якості, які будуть забезпечуватись на кожному технологічному переході, використовуючи обрану кількість k усіх переходів:

$$\Delta = 16 - 8 = 8 \rightarrow 3 + 3 + 2$$

$$IT16 \rightarrow h13 \rightarrow h11 \rightarrow h8$$

Для показника шорсткості розрахунки виконуємо аналогічно.

$$Ra80 \rightarrow Ra20 \rightarrow Ra5 \rightarrow Ra1,25$$

4) Визначимо технологічні переходи для обробки поверхні, яка розглядається, використовуючи визначені квалітети точності та показники шорсткості. Точність та шорсткість, яка забезпечується різноманітними засобами обробки наведені у [2, табл. 3.1, с.17] і [3, табл. 2.6, с.33].

Перший перехід – обточка чорнова, що забезпечує $T_{d1}=970$ мкм, та $R_{a1}=20$ мкм, уточнення буде дорівнювати:

$$\varepsilon_{d1} = \frac{5000}{970} = 5,1546 \quad ; \quad \varepsilon_{Ra1} = \frac{80}{20} = 4$$

Другий перехід – обточування чистове $T_{d2}=400$ мкм, $R_{a2}=5$ мкм:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{970}{400} = 2,425 \quad ; \quad \varepsilon_{Ra2} = \frac{20}{5} = 4$$

Третій перехід – шліфування однократне $T_{d3}=120$ мкм, $R_{a3}=1,6$ мкм:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{400}{120} = 3,333 \quad ; \quad \varepsilon_{Ra2} = \frac{5}{1,6} = 3,125$$

Обов'язкова умова [3, с.23]:

$$\prod_{j=1}^k \varepsilon_{ij} > \varepsilon_{oi}$$

$$\prod_{j=1}^2 \varepsilon_{dj} = 5,1546 \cdot 2,425 \cdot 3,333 = 42,126 > \varepsilon_{do} = 41,66 ;$$

$$\prod_{j=1}^2 \varepsilon_{Ra} = 4 \cdot 4 \cdot 3,125 = 50 = \varepsilon_{oRa} = 50$$

Таким чином, після трьох переходів точність розміру $\varnothing 404,5_{-0,12}$ мм забезпечується, тому що сумарне уточнення практично більше, з урахуванням кількості переходів k .

Всі подальші розрахунки занесемо до таблиці 1.5

Таблиця 1.5 – МОП на інші поверхні, які зображені на рисунку 1.1

Поверхня	Розмір, мм	Метод обробки	Шорсткість, Ra
1	2	3	4
1	$55 \pm 0,3$	Заготовка IT16 → Точіння чорнове h12	Ra50 → Ra6,3
3	$3 \pm 0,15$	Заготовка → Точіння чорнове h13 → → Точіння чистове h12 → Полірування	Ra6,3 → Ra3,2 → → Ra1,6
4	$\varnothing 438_{-0,38}$	Заготовка IT16 → Точіння чорнове h13 → → Точіння чистове h11	Ra50 → R12,5 → → Ra3,2
5	$4 \pm 0,2$	Заготовка IT16 → Точіння чорнове h13	Ra50 → Ra6,3
6	$4 \pm 0,2$	Заготовка → Точіння чорнове h13	Ra6,3
7	$10 \pm 0,2$	Заготовка → Точіння чорнове h13	Ra6,3
8	$\varnothing 392_{-0,89}$	Заготовка IT16 → Точіння чорнове h13	Ra50 → Ra6,3
9	$24,5 \pm 0,2$	Заготовка → Точіння чорнове h13	Ra6,3

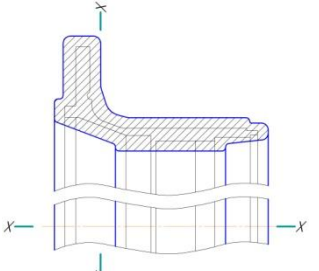
Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4
10	$\varnothing 391_{-0,089}$	Заготовка IT16 →Точіння чорнове h13→ → Точіння чистове h11→Точіння тонке h8	Ra50→ R6,3→ → Ra3,2→ Ra1,6
11	$7\pm 0,2$	Заготовка IT16→Точіння чорнове h13	Ra50→ Ra6,3
12	$2\pm 0,15$	Заготовка IT16→Точіння чорнове h13	Ra50→ Ra6,3
13	$\varnothing 391,8_{-0,89}$	Заготовка IT16→Точіння чорнове h13	Ra50→ Ra6,3
14	$\varnothing 390^{+0,44}_{+0,25}$	Заготовка →Розточування получистове Н13	Ra6,3
15	$\varnothing 387^{+0,25}$	Заготовка →Розточування чорнове Н12→ →Розточування чистове Н10	R12,5→Ra6,3
16	$\varnothing 385^{+0,89}$	Заготовка →Розточування получистове Н13	Ra6,3
17	$22_{-0,14}$	Заготовка IT16 → Розточування чорнове Н13→Розточування чистове Н11	Ra50→ R6,3→ → Ra1,6
18	$\varnothing 388^{+0,38}$	Заготовка → Розточування получистове Н11	Ra6,3
19	$\varnothing 398^{+0,38}$	Заготовка → Розточування получистове Н11	Ra6,3
20	$\varnothing 367^{+0,38}$	Заготовка IT16 → Розточування получистове Н11	Ra50→ Ra6,3
21	$\varnothing 385^{+0,89}$	Заготовка → Фрезерування полу чистове Н13	Ra6,3
22	$\varnothing 1,5^{+0,14}$	Заготовка → Свердління Н12	Ra6,3
23	$\varnothing 368^{+0,89}$	Заготовка → Фрезерування получистове Н13	Ra6,3

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі оформимо у вигляді таблиці 1.6

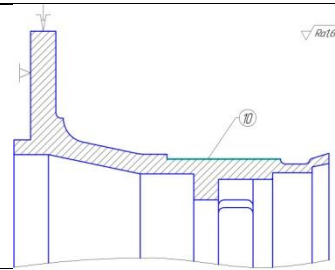
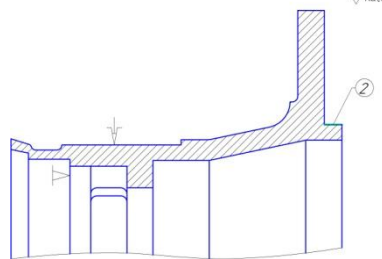
Таблиця 1.6 – Маршрут виготовлення деталі

№ оп.	Найменування операції та переходів	Найменування обладнання	Ескіз
1	2	3	4
005	Заготівельна	ГКМ	

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4
010	Токарна 1.Підрізати пов. 1 2.Точити пов. 4	Токарний верстат з ЧПК LU-35 II	
015	Токарна 1. Підрізати пов.5,9,13 2.Точити пов.8,10,11,12 3.Розточити пов.20	Токарний верстат з ЧПК Traub TNM	
020	Токарна 1.Розточити пов.18,19 2.Точити пов.2,4 3.Підрізати пов.3	Токарний верстат з ЧПК Traub TNM	
025	Токарна 1.Розточити пов.14,15,16 2.Точити пов.10 3.Точити радіус пов.6,7	Токарний верстат з ЧПК LU-35 II	
030	Токарна 1.Розточити пов.15	Токарний верстат з ЧПК LU-35 II	
035	Фрезерно-свердлильна 1.Фрезерувати 21 паз пов.21 2.Свердлити отвори поз. 22 3.Фрезерувати канавки поз.23	Фрезерно- свердлильний верстат з ЧПК Haas VF4	

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4
040	Токарна 1.Точити пов.10	Токарний верстат з ЧПК Mazak SQT 200	
045	Токарна 1.Точити пов.2	Токарний верстат з ЧПК LU-35 II	
050	Полірування	Полірувальна установка	
055	Слюсарна	Віброабразивна установка ROSLER R180DL	1.Зняти гострі кромки
060	Мийна	Мийна машина	
065	Контрольна	Контрольний стіл	

Роботи проводилися на установці ROSLER R180DL. До особливостей цієї установки можна віднести таке: загальний об'єм становить 180 л, робоча зона без внутрішньої центральної частини, установку оснащено двофланцевим двочастотним вібродвигуном ROSLER з безступеневим регулюванням, спеціальними змащувальними підшипниками, регульованими дисбалансними вантажами та отвором для вивантаження абразивних тіл.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

1) Вибираємо допуски [2, табл. 3.1, с.13] згідно призначених квалітетів точності обробки за МОП:

$$Td_{13ar} = \begin{matrix} +3,0 \\ -2,0 \end{matrix} \text{ мм}$$

$$Td_2 = 0,970 \text{ мм}$$

$$Td_3 = 0,400 \text{ мм}$$

$$Td_4 = 0,120 \text{ мм}$$

2) Призначаємо за таблицями припуски [2, табл. 4.3, с.40]:

- точіння чорнове: $2Z_2^{min} = 2,8 \text{ мм}$;

- точіння чистове: $2Z_3^{min} = 0,3 \text{ мм}$;

- точіння тонке: $2Z_4^{min} = 0,2 \text{ мм}$.

3) Розрахунки технологічних розмірів виконуємо за методом розмірних ланцюгів.

Номінальні припуски [3, с.37]:

$$2Z_i^{min} = 2Z_{min}^H + ei$$

$$2Z_2^{min} = 2,8 + 2,0 = 4,8 \text{ мм}$$

$$2Z_3^{min} = 0,97 + 0,3 = 1,27 \text{ мм}$$

$$2Z_4^{min} = 0,4 + 0,2 = 0,6 \text{ мм}$$

Для зовнішньої поверхні спочатку розраховуємо номінальні розміри [3, с.36] :

$$d_i^H = d_i^H + 2Z_i^{min}$$

$$d_4^H = 404,5 \text{ мм}$$

$$d_3^H = 404,5 + 0,6 = 405,1 \text{ мм}$$

$$d_2^H = 405,1 + 1,27 = 406,37 \text{ мм}$$

$$d_1^H = d_{3ar}^H = 406,37 + 4,8 = 411,17 \text{ мм}$$

4) Визначаємо максимальні значення операційних припусків для переходів механічної обробки [3, с.38]:

$$2Z_{imax} = Td_1 + Td_2 + 2Z_2^{min}$$

$$\text{- точіння чорнове: } 2Z_{2max} = 3,0 + 2,0 + 2,8 + 0,97 = 8,77 \text{ мм};$$

$$\text{- точіння чистове: } 2Z_{3max} = 0,97 + 0,3 + 0,4 = 1,67 \text{ мм};$$

$$\text{- точіння тонке: } 2Z_{4max} = 0,4 + 0,2 + 0,12 = 0,72 \text{ мм}.$$

5) Загальний номінальний припуск [3, с.38]:

$$2Z_o^H = 2,0 + 2,8 + 0,97 + 0,3 + 0,4 + 0,2 = 6,67 \text{ мм}$$

6) Виконаємо перевірку розрахунків використовуючи контрольне правило [3, с.37]:

$$TZ_i = 2Z_{imax} - 2Z_{imin} = Td_i + Td_{i-1}$$

$$TZ_2 = 8,77 - 2,8 = 5 + 0,97 = 5,97 \text{ мм};$$

$$TZ_3 = 1,67 - 0,3 = 0,97 + 0,4 = 1,37 \text{ мм};$$

$$TZ_4 = 0,72 - 0,2 = 0,4 + 0,12 = 0,52 \text{ мм}.$$

7) Робимо загальну перевірку розрахунків [3, с.42]:

$$2Z_o^H = D_{заг} - d_{дет}$$

$$6,67 = 411,17 - 404,5 ;$$

$$6,67 = 6,67 \text{ мм}$$

Перевірка стверджує, що виконані розрахунки вірні.

Розмір на останньому переході співпадає з розміром на кресленні деталі.

Технологічні виконавчі розміри за переходами:

$$\text{- заготовка: } d_{заг\text{ вик}} = \varnothing 411,2_{-2,0}^{+3,0} \text{ мм};$$

- точіння чорнове: $d_2 = \varnothing 406,4_{-0,97}$ мм;
- точіння чистове: $d_3 = \varnothing 405,1_{-0,4}$ мм;
- точіння тонке: $d_4 = \varnothing 404,5_{-0,12}$ мм;

Всі інші розрахунки припусків занесемо до таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Припуски на деталь «Фланець передній соплового апарата»

	Найменування технологічних переходів	Границі поля допуску		Допуск Td, мм	Ном. припуск, мм	Номинальні розміри, мм	Граничні значення припусків, мкм		Виконавчий технологічний розмір d, мм
		es	ei		2Z ^H		2Z _{max}	2Z _{min}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Зовнішні циліндричні поверхні								
	$\varnothing 438_{-0,38}$								
1	Заготовка	+3,0	-2,0	5,0	6,07	$\varnothing 444,07$	-	-	$\varnothing 444,1^{+3,0}_{-2,0}$
2	Точіння чорнове		-0,97	0,97	-	$\varnothing 439,27$	8,77	2,8	$\varnothing 439,3_{-0,97}$
3	Точіння чистове		-0,38	0,38	-	$\varnothing 438$	1,65	0,3	$\varnothing 438_{-0,38}$
	$\varnothing 392_{-0,89}$								
1	Заготовка	+3,0	-2,0	5,0	4,8	$\varnothing 396,8$	-	-	$\varnothing 396,8^{+3,0}_{-2,0}$
2	Точіння чорнове		-0,89	0,89	-	$\varnothing 392$	8,69	2,8	$\varnothing 392_{-0,89}$
	$\varnothing 391_{-0,089}$								
1	Заготовка	+3,0	-2,0	5,0	6,55	$\varnothing 397,55$	-	-	$\varnothing 397,5^{+3,0}_{-2,0}$
2	Точіння чорнове		-0,89	0,89	-	$\varnothing 392,75$	8,69	2,8	$\varnothing 392,7_{-0,89}$
3	Точіння чистове		-0,36	0,36	-	$\varnothing 391,56$	1,55	0,3	$\varnothing 391,5_{-0,36}$
4	Точіння тонке		-0,089	0,089	-	$\varnothing 391$	0,64 9	0,2	$\varnothing 391_{-0,089}$
	$\varnothing 391,8_{-0,89}$								
1	Заготовка	+3,0	-2,0	5,0	4,8	$\varnothing 396,6$	-	-	$\varnothing 396,6^{+3,0}_{-2,0}$
2	Точіння чорнове		-0,89	0,89	-	$\varnothing 391,8$	8,69	2,8	$\varnothing 391,8_{-0,89}$
	Внутрішні циліндричні поверхні								
	$\varnothing 367^{+0,38}$								
1	Заготовка	+3,0	-2,0	5,0	5,5	$\varnothing 361,5$	-	-	$\varnothing 361,5^{+3,0}_{-2,0}$
2	Розточування получистове	+0,38		0,38	-	$\varnothing 367$	7,88	2,5	$\varnothing 367^{+0,38}$

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	$\emptyset 390^{+0,44}_{+0,25}$								
1	Заготовка				5,5		-	-	
2	Розточування получистове	+0,44	+0,25	0,19	-	$\emptyset 390$	7,94	2,5	$\emptyset 390^{+0,44}_{+0,25}$
	$\emptyset 387^{+0,25}$								
1	Заготовка				6,77		-	-	
2	Розточування чорнове	+0,57		0,57	-	$\emptyset 393,77$	8,07	2,5	$\emptyset 393,7^{+0,57}$
3	Розточування чистове	+0,25		0,25	-	$\emptyset 387$	1,52	0,7	$\emptyset 387^{+0,25}$
	$\emptyset 385^{+0,89}$								
1	Заготовка				5,5		-	-	
2	Розточування получистове	+0,89		0,89	-	$\emptyset 385$	8,39	2,5	$\emptyset 385^{+0,89}$
	$\emptyset 388^{+0,38}$								
1	Заготовка				5,5		-	-	
2	Розточування получистове	+0,38		0,38	-	$\emptyset 388$	7,88	2,5	$\emptyset 388^{+0,38}$
	$\emptyset 398^{+0,38}$								
1	Заготовка				5,5		-	-	
2	Розточування получистове	+0,38		0,38	-	$\emptyset 398$	7,88	2,5	$\emptyset 398^{+0,38}$
	$\emptyset 385^{+0,89}$								
1	Заготовка				3,46		-	-	
2	Фрезеруван- ня полу- чистове	+0,89		0,89	-	$\emptyset 385$	6,35	0,46	$\emptyset 385^{+0,89}$

1.6 Розрахунок режимів різання

1.6.1 Визначення режимів різання та основного часу на операцію 010.

Ескіз вказано на рисунку 1.3.

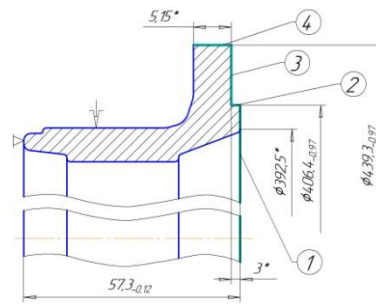


Рисунок 1.3 – Ескіз операції 010

Перехід 1 – Точити пов. 2, 4.

1) Обираємо ріжучий інструмент: різець упорний прохідний; $H=20$; $L=100$; $B=12$; $\varphi=90^\circ$; $r=1$; матеріал різальної частини різця – пластини з швидкорізальної сталі Р9М5, ГОСТ 18870-73[14].

2) Розраховуємо глибину різання t [4, с.46] :

$$t = \frac{d_{\text{вих}} - d_{\text{обр}}}{2}$$

де $d_{\text{вих}}$ – вихідний (початковий) діаметр деталі, мм;

$d_{\text{обр}}$ – оброблений діаметр деталі, мм.

$$t = \frac{444,1 - 439,3}{2} = 2,4 \text{ мм}$$

3) Обираємо подачу [2, т.11, с.266]: $S_o = 1,1$ мм/об.

4) Розраховуємо швидкість різання за формулою [5, с.265]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_o^y} \cdot K_v \quad (1.1)$$

де C_v , m , q , y , x , u , p – показники степенів [2, т.17, с.269];

T – стійкість різця, хв;

t – глибина різання, мм;

S_o – подача на оберт, мм/об;

K_v – поправочний коефіцієнт, розраховується за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{uv} \quad (1.2)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу [2, т.3, с. 262];

$K_{пв}$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовок [2, таб.5, ст. 263];

$K_{ив}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту [2, таб.6, ст. 263].

$$K_v = 0,35 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,35$$

$$C_v = 328; x = 0,12; y = 0,5; m = 0,28; t = 2,4 \text{ мм}; S_o = 1,1 \text{ мм/об}; T = 60 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{328}{60^{0,28} \cdot 2,4^{0,12} \cdot 1,1^{0,5}} \cdot 0,35 = 31,27 \text{ м/хв}$$

5) Частоту обертання шпинделя розраховуємо за формулою [4, с.47]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{обр}} \quad (1.3)$$

де V – швидкість різання, м/хв;

$$n = \frac{1000 \cdot 31,27}{3,14 \cdot 439,3} = 22,67 \text{ об/хв}$$

По паспорту верстата найближчою частотою обертання інструмента є $n = 20 \text{ об/хв.}$.

6) Дійсна швидкість різання при корегованій частоті дорівнює [4, с.47]:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d_{обр} \cdot n}{1000} \quad (1.4)$$

де n – частота обертання шпинделя, об/хв.

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 439,3 \cdot 20}{1000} = 27,58 \text{ м/хв}$$

7) Розрахунок основного часу [4, с.47]:

$$t_o = \frac{L_{р.х.}}{S_o \cdot n} \cdot i \quad (1.5)$$

де $L_{р.х.}$ – довжина робочого ходу, мм;

$$L_{р.х.} = l_{різ} + l_{вр} + l_{пер} \quad (1.6)$$

де $l_{\text{різ}}$ – довжина різання, мм;

$l_{\text{вр}}$ – довжина врізання, $l_{\text{вр}} = 2 \dots 5$ мм;

$l_{\text{пер}}$ – довжина перебігу, $= 2 \dots 5$ мм.

$$L_{\text{р.х.}} = 5,15 + 2 + 2 = 9,15 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{9,15}{1,1 \cdot 20} \cdot 1 = 0,42 \text{ хв}$$

8) Розраховуємо силу різання за формулою [5, с.271]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^u \cdot K_p \quad (1.7)$$

Визначаємо коефіцієнти і показники ступенів [2, т.22, с. 273]:

$C_p = 204$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $u = 0$.

$$K_p = K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (1.8)$$

де $K_{\varphi p}$ – коефіцієнт, що враховує головний кут в плані [2, т.23, с. 275];

$K_{\gamma p}$ – коефіцієнт, що враховує передній кут [2, т.23, ст. 275];

$K_{\lambda p}$ – коефіцієнт, що враховує кут нахилу головного леза інструмента [2, т.23, ст. 275].

K_{rp} – коефіцієнт, що враховує радіус при вершині інструмента [2, т.23, ст. 275].

$$K_p = 1,08 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,16$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 2,4^{1,0} \cdot 1,1^{0,75} \cdot 27,58^0 \cdot 1,16 = 6076,92 \text{ Н}$$

9) Розрахуємо потужність різання за формулою [5, с.271]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (1.9)$$

$$N_e = \frac{6076,92 \cdot 27,58}{1020 \cdot 60} = 2,74 \text{ кВт}$$

Потужність верстата 7,5 кВт. Тобто верстат обрано вірно, і він зможе забезпечити виконання даної операції.

Перехід 2 – Підрізати пов .1, 3.

10) Обираємо ріжучий інструмент: різець токарний прохідний; $H=20$; $L=120$; $B=12$; $\varphi=16^\circ$; $\varphi_1=10^\circ$, $r=1$; матеріал різальної частини різця – пластини з швидкорізальної сталі Р9М5, ГОСТ 18871-73 [2, табл.8, с.121].

11) Розраховуємо глибину різання t [4, с.46]:

$$t = L_{\text{вих}} - L_{\text{обр}}$$

де $L_{\text{вих}}$ – вихідний (початковий) розмір деталі, мм;

$L_{\text{обр}}$ – оброблений розмір деталі, мм.

$$t = 59,6 - 57,3 = 2,3 \text{ мм}$$

12) Обираємо подачу [2, т.11, с.266] $S_o = 1,1 \text{ мм/об.}$

13) Розраховуємо швидкість різання за формулою (1.1) та поправочні коефіцієнти за формулою (1.2):

$$K_v = 0,35 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,35$$

$C_v = 328$; $x = 0,12$; $y = 0,5$; $m = 0,28$; $t = 1,15 \text{ мм}$; $S_o = 1,1 \text{ мм/об.}$; $T = 60 \text{ хв.}$

$$V = \frac{328}{60^{0,28} \cdot 2,3^{0,12} \cdot 1,1^{0,5}} \cdot 0,35 = 31,54 \text{ м/хв}$$

14) Частоту обертання шпинделя розраховуємо за формулою (1.3):

$$n = \frac{1000 \cdot 31,54}{3,14 \cdot 406,4} = 24,72 \text{ об/хв}$$

По паспорту верстата найближчою частотою обертання інструмента є $n = 20 \text{ об/хв.}$

15) Дійсна швидкість різання при корегованій частоті розраховується за формулою (1.4):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 406,4 \cdot 20}{1000} = 25,52 \text{ м/хв}$$

16) Розрахунок основного часу за формулою (1.5) та (1.6):

$$L_{p.x.} = \left(\frac{406,4 - 372,5}{2} \right) + 2 + 2 = 10,95 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{10,95}{1,1 \cdot 20} \cdot 1 = 0,497 \text{ хв}$$

17) Розраховуємо силу різання за формулою (1.7) та (1.8):

$$C_p = 204; x = 1,0; y = 0,75; u = 0.$$

$$K_p = 1,08 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,16$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 1,15^{1,0} \cdot 1,1^{0,75} \cdot 25,52^0 \cdot 1,16 = 2911,85 \text{ Н}$$

18) Розрахуємо потужність різання за формулою (1.9):

$$N_e = \frac{2911,85 \cdot 25,52}{1020 \cdot 60} = 1,21 \text{ кВт}$$

Потужність верстата 7,5 кВт. Тобто верстат обрано вірно, і він зможе забезпечити виконання даної операції.

1.6.2 Визначення режимів різання та основного часу на операцію 035.

Ескіз вказано на рисунку 1.4.

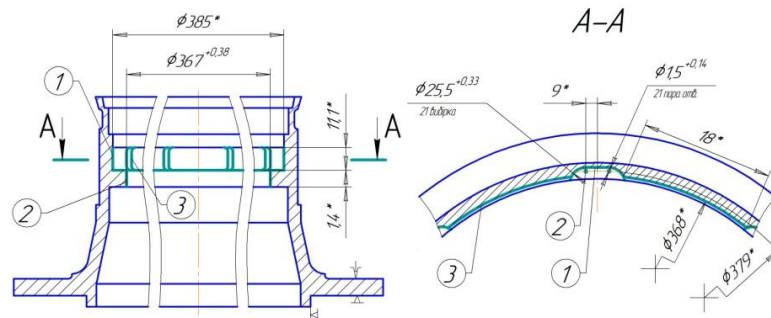


Рисунок 1.4 – Ескіз операції 035

Перехід 1 – Фрезерувати вибірки 1 та уступи пов. 3.

1) Обираємо ріжучий інструмент: кінцева фреза спеціальна $\phi 25,5$ мм, $L=147$, $l=45$, $z=5$; матеріал різальної частини фрези –швидкорізальна сталь Р6М5.

2) Глибина різання $t = 11,1$ мм.

Так як отримане значення завелике, то дана операція буде виконана за три проходи, тобто $t = 3,6$ мм, а $i = 3$.

3) Визначаємо подачу на S_z , мм/зуб вибирається за [2, таб.35, с.284] для фрези діаметром 25,5 мм: $S_z = 0,12$ мм.

4) Швидкість різання розраховуємо за формулою [5, с.282]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v \quad (1.10)$$

де C_v , m , q , y , x , u , p – дрібні показники степенів [2, таб.39, с.286];

T – стійкість фрези [2, таб.40, с.290], хв;

D - діаметр фрези, мм;

t – глибина різання, мм;

S_z – подача на зуб, мм/зуб;

B – ширина фрезерування, мм;

z – кількість зубів у фрези;

K_v – поправочний коефіцієнт, розраховується за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} \quad (1.11)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу [2, таб.1 - 4, с. 261 – 263];

K_{pv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовок [2, таб.5, ст. 263];

K_{iv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту [2, таб.6, ст. 263].

$$K_v = 0,35 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,35$$

$C_v = 22,5$; $q = 0,35$; $x = 0,21$; $y = 0,48$; $u = 0,03$; $p = 0,1$; $m = 0,27$; $t = 3,6$ мм; $B = 9$ мм; $T = 90$ хв.

$$V = \frac{22,5 \cdot 25,5^{0,35}}{90^{0,27} \cdot 3,6^{0,21} \cdot 0,12^{0,48} \cdot 9^{0,03} \cdot 5^{0,1}} \cdot 0,35 = 12,31 \text{ м/хв}$$

5) Частоту обертання шпинделя розраховуємо за формулою [4, с.47]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (1.12)$$

де V – швидкість різання, м/хв;

D – діаметр фрези, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 12,31}{3,14 \cdot 25,5} = 153,74 \text{ об/хв}$$

По паспорту верстата найближчою частотою обертання інструмента є $n = 150 \text{ об/хв}$.

Тоді дійсна швидкість різання при цій частоті дорівнює (1.4):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 25,5 \cdot 150}{1000} = 12,01 \text{ м/хв}$$

6) Розрахунок основного часу [5, с.282]:

$$S_{\text{хв}} = S_z \cdot z \cdot n \quad (1.13)$$

де S_z – подача на зуб, мм/зуб;

z – кількість зубців фрези, $z = 5$;

n – число обертів шпинделя, об/хв.

$$S_{\text{хв1}} = 0,12 \cdot 5 \cdot 150 = 90 \text{ мм/хв}$$

$$S_{\text{хв2}} = 0,05 \cdot 4 \cdot 550 = 110 \text{ мм/хв}$$

По паспорту верстата приймаємо 90 мм/хв та 110 мм/хв.

$$t_o = \frac{L_{\text{п.х.}}}{S_{\text{хв}}} \cdot i \quad (1.14)$$

$$t_{o1} = \frac{50}{90} \cdot 3 = 1,66 \text{ хв}$$

$$t_{o2} = \frac{18+2}{110} \cdot 3 = 0,55 \text{ хв}$$

Перерахунок подачі на зуб по прийнятій хвилинній подачі дає:

$$S_z = \frac{S_{\text{хв}}}{z \cdot n}$$

$$S_{z1} = \frac{90}{5 \cdot 150} = 0,12 \text{ мм/зуб}$$

$$S_{z2} = \frac{110}{5 \cdot 550} = 0,04 \text{ мм/зуб}$$

7) Розраховуємо силу різання за формулою [5, с.282]:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^{u,z}}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad (1.15)$$

Визначаємо коефіцієнти і показники ступенів [2, таб.41 с. 291]: $C_p = 82$; $x = 0,75$; $y = 0,6$; $u = 1,0$; $q = 0,86$; $w = 0$. $K_{mp} = 0,35$ [2, т.3 с. 262].

$$P_z = \frac{10 \cdot 82 \cdot 3,6^{0,75} \cdot 0,11^{0,6} \cdot 9^{1,0} \cdot 5}{25,5^{0,86} \cdot 150^0} \cdot 0,35 = 561,66 \text{ Н}$$

8) Розраховуємо крутний момент за формулою [5, с.290]:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} \quad (1.16)$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{561,66 \cdot 25,5}{2 \cdot 100} = 71,61 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

9) Розрахуємо потужність різання за формулою [5, с.290]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (1.17)$$

$$N_e = \frac{561,66 \cdot 12,01}{1020 \cdot 60} = 0,11 \text{ кВт}$$

Потужність верстата 7,5 кВт. Тобто верстат обрано вірно, і він зможе забезпечити виконання даної операції.

Перехід 2 – Свердли 21 пару отворів 2.

10) Обираємо ріжучий інструмент: свердло спіральне $\phi 1,5$, $L=19$ мм, $l=3$ мм; матеріал різальної частини свердла – швидкорізальна сталь Р6М5, ГОСТ 10902-77 [2, т.40, с.137].

11) Розраховуємо глибину різання t [5, с.276]:

$$t = \frac{D_{\text{св}}}{2}$$

де $D_{\text{св}}$ – діаметр свердла, мм;

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

12) Визначаємо подачу за [2, таб.25, с.277]: $S_o = 0,1$ мм/об.

13) Швидкість різання розраховуємо за формулою [5, с.276]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v$$

де C_v , m , q , y , x , u , p – показники степенів [2, т.28, с.278];

T – стійкість свердла [2, таб.30, с.279], хв;

S_o – подача, мм/об;

K_v – поправочний коефіцієнт, розраховується за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу [2, таб.1 - 4, с. 261 – 263];

$K_{пв}$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовок [2, таб.5, ст. 263];

$K_{мв}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту [2, таб.6, ст. 263].

$$K_v = 0,35 \cdot 1,0 \cdot 0,3 = 0,105$$

$$C_v = 3,5; q = 0,5; y = 0,45; m = 0,12; T = 6 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{3,5 \cdot 1,5^{0,5}}{6^{0,12} \cdot 0,1^{0,45}} \cdot 0,105 = 1,03 \text{ м/хв}$$

14) Частоту обертання шпинделя розраховуємо за формулою (1.3):

$$n = \frac{1000 \cdot 1,03}{3,14 \cdot 1,5} = 218,68 \text{ об/хв}$$

По паспорту верстата найближчою частотою обертання інструмента є $n = 215 \text{ об/хв}$.

Тоді дійсна швидкість різання при цій частоті дорівнює (1.4):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 1,5 \cdot 215}{1000} = 1,01 \text{ м/хв}$$

15) Розрахунок основного часу за формулами (1.5):

$$L_{р.х.} = l_{різ} + l_{вр} + l_{пер}$$

де $l_{різ}$ – довжина різання, мм;

$l_{вр}$ – довжина врізання, $l_{вр} = 0,3D_{св}$ мм;

$l_{пер}$ – довжина перебігу, $l_{пер} = 2 \dots 5$ мм.

$$L_{р.х.} = 1,4 + (0,3 \cdot 1,5) + 2 = 3,85 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{3,85}{0,1 \cdot 215} \cdot 1 = 0,18 \text{ хв}$$

16) Розраховуємо силу різання за формулою [5, с.277]:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S_o^y \cdot K_p$$

Визначаємо коефіцієнти і показники ступенів [2, т.22, с. 273]:

$$C_p = 143; q = 1,0; y = 0,7. K_p = K_{mp} = 0,35 [2, т. 3, с. 262].$$

$$P_o = 10 \cdot 143 \cdot 1,5^{1,0} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,35 = 142,64 \text{ Н}$$

17) Розраховуємо крутний момент за формулою [5, с.277]:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S_o^y \cdot K_p$$

Визначаємо коефіцієнти і показники ступенів [2, т.32, с. 281]:

$$C_m = 0,041; q = 2,0; y = 0,7. K_p = K_{mp} = 0,35 [2, т. 3, с. 262].$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,041 \cdot 1,5^{2,0} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,35 = 0,065 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

18) Розрахуємо потужність різання за формулою [5, с.280]:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot V}{9750}$$

$$N_e = \frac{0,065 \cdot 1,01}{9750} = 6,73 \text{ кВт}$$

Потужність верстата 7,5 кВт. Тобто верстат обрано вірно, і він зможе забезпечити виконання даної операції.

На інші операції режими різання заносимо до таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Режими різання

№ оп	Найменування переходу	Зміст переходів	Обладнання	t, мм	Режими різання			T ₀ , хв
					n, хв ⁻¹	S, мм/об	V, м/хв	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
015	Токарна з ЧПК	Підрізати пов. 5, 9, 13	Токарний верстат з ЧПК Traub TNM	2,4	20	1,1	27,58	1,06
		Точити пов. 8, 10, 11, 12		2,4	20	1,1	27,58	1,11
		Розточити пов. 20		2,75	60	0,15	69,14	6,55
020	Токарна з ЧПК	Розточити пов. 18, 19	Токарний верстат з ЧПК Traub TNM	3,875	55	0,15	68,73	12,12
		Точити пов. 2, 4		3,95	20	1,1	25,52	0,91
		Підрізати пов. 3		1,15	20	1,1	27,51	0,7
025	Токарна з ЧПК	Розточити пов. 14, 15, 16	Токарний з ЧПК LU-35 II	2,67	60	0,15	74,17	6,6
		Точити пов. 10		0,6	45	0,42	55,32	1,4
		Точити радіуси пов. 6, 7		1,15	40	0,42	53,38	0,36
030	Токарна з ЧПК	Розточити пов. 15	Токарний з ЧПК LU-35 II	3,35	55	0,15	66,84	1,45
040	Токарна з ЧПК	Точити тонко пов. 10	Токарний верстат з ЧПК Mazak SQT 200	0,25	155	0,05	190,3	3,42
045	Токарна з ЧПК	Точити тонко пов. 2	Токарний з ЧПК LU-35 II	0,3	145	0,05	184,17	2,58

1.7 Технічне нормування операцій

1.7.1 Нормування операції 010

1) Структура штучного часу [4, с.49]:

$$t_{um} = t_o + t_{don} + t_{dod} \quad (1.18)$$

де t_o – основний час операції, $t_o = 2,04$ хв;

$t_{\text{доп}}$ — допоміжний час операції;

$t_{\text{дод}}$ — додатковий час операції.

2) Структура допоміжного часу [4, с.50]:

$$t_d = t_{\text{доп}} = t_y + t_{\text{зн}} + t_{\text{кер}} + t_{\text{Б.П.}} + t_{\text{Б.О.}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{контр}} \quad (1.19)$$

де $t_y, t_{\text{зн}}$ — установка/зняття заготовки в патроні з пневматичним затискачем [6, табл. 5.1, с. 197]

$t_{\text{кер}}$ — час, необхідний оператору для керування верстатом ($t_{\text{вм}}, t_{\text{вим}}, t_{\text{пер.важіль}}$);

$t_{\text{Б.П.}}, t_{\text{Б.О.}}$ — час прискореного швидкого підводу ріжучого інструмента з вихідного положення («0» інструмента) в положення врізання та його швидке відведення [6, табл. 5.8, с. 203];

$t_{\text{зм}}$ — час, необхідний для зміни інструмента, повороту revolverної головки, зміна позицій шпинделя (на агрегатному верстаті — позицій шпинделя), зміна копирів у разі декількох копирів;

$t_{\text{контр}}$ — час, необхідний для вимірювань та контролю основних параметрів деталі (оброблених поверхонь) — залежить від процентної частки контролю.

3) Установка/зняття заготовки в патроні з пневматичним затискачем:

$$t_{y/\text{зн}} = 0,185 \text{ хв}$$

4) Розрахуємо час, який необхідний оператору для керування верстатом [4, с.53]:

$$t_{\text{кер}} = t_{\text{вкл}} \cdot i + t_{\text{перекл.подач}} \cdot j + t_{\text{перекл.частот}} \cdot k + t_{\text{орг.стр}} \cdot m \quad (1.20)$$

де $t_{\text{вкл}}$ — вмикання/вимикання верстата кнопкою, $t_{\text{вкл}} = 0,01 \cdot 1,85 = 0,019 \text{ хв}$ [6, табл. 5.8, с. 202];

$$t_{\text{перекл.подач}} = t_{\text{перекл.частот}} - \text{час на перемикання частот та подач},$$

$$t_{\text{перекл.подач}} = t_{\text{перекл.частот}} = 0,03 \text{ хв [7,карта 61, с. 156];}$$

$$t_{\text{орг.стр}} = 0,05 \text{ хв [7,карта 61, с. 156].}$$

$$t_{\text{кер}} = 0,019 \cdot 2 + 0,03 \cdot 1 + 0,03 \cdot 1 + 0,05 \cdot 1 = 0,148 \text{ хв}$$

5) Час прискореного руху [4, с.53]:

$$t_{\text{приск.рух}} = t_{\text{Б.П.}} \cdot i + t_{\text{Б.О.}} \cdot i \quad (1.21)$$

де $t_{\text{Б.П.}} = t_{\text{Б.О.}}$ – час на швидке підведення/швидке відведення інструмента,

$$t_{\text{Б.П.}} = t_{\text{Б.О.}} = 0,025 \cdot 1,85 = 0,046 \text{ хв [6,табл. 5.8, с. 203];}$$

$$t_{\text{приск.рух}} = 0,046 \cdot 4 + 0,046 \cdot 4 = 1,368 \text{ хв}$$

6) Час, необхідний для зміни інструмента [4, с.53] :

$$t_{\text{зм}} = t_{\text{пов.бл.}} \cdot i \quad (1.22)$$

де $t_{\text{пов.бл.}} = 0,015 \cdot 1,85 = 0,028 \text{ хв [6,табл. 5.8, с. 202]}$

$$t_{\text{зм}} = 0,028 \cdot 2 = 0,056 \text{ хв}$$

7) Час контролю [4, с.53]:

$$t_{\text{контр}} = k \cdot t_{\text{к.п.}} \cdot i \quad (1.23)$$

де k – коефіцієнт періодичності, $k = 0,5$;

$$t_{\text{к.п.}} = t_{\text{к.п.1}} + t_{\text{к.п.2}} - \text{час контролю параметрів};$$

$$t_{\text{к.п.1}} - \text{норматив часу на вимірювання одного параметра скобою, } t_{\text{к.п.1}} = 0,07 \cdot 1,85 = 0,13 \text{ хв [6,табл. 5.12, с. 207];}$$

$$t_{\text{к.п.2}} - \text{норматив часу на вимірювання одного параметра фасонним шаблоном, } t_{\text{к.п.2}} = 0,04 \cdot 1,85 = 0,074 \text{ хв [6,табл. 5.14, с. 208];}$$

$$t_{\text{контр}} = 0,5 \cdot (0,13 \cdot 4 + 0,074 \cdot 4) = 0,408 \text{ хв}$$

Отже, склавши всі показники отримаємо допоміжний час операції:

$$t_d = t_{доп} = 0,185 + 0,148 + 1,368 + 0,056 + 0,408 = 2,162 \cong 2,16 \text{ хв}$$

8) Оперативний час [4, с.54]:

$$t_{оп} = t_o + t_{доп} \quad (1.24)$$

$$t_{оп} = 2,04 + 2,16 = 4,2 \text{ хв}$$

9) Додатковий час [4, с.54]:

$$t_{дод} = (t_o + t_{доп}) \cdot (\alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{відп}) = t_{оп} \cdot \alpha_{\Sigma} \quad (1.25)$$

де α_{Σ} – норма часу на технічне та організаційне обслуговування токарного станка, відпочинок та особисті потреби [6,табл. 6.1, с. 214];

$$\alpha_{\Sigma} = 6\% = 0,06$$

$$t_{дод} = 3,13 \cdot 0,06 = 0,252 \text{ хв}$$

10) Штучний час [4, с.54]:

$$t_{шт} = t_o + t_{доп} + t_{дод}$$

$$t_{шт} = 2,04 + 2,16 + 0,252 = 4,452 \text{ хв}$$

11) Норма підготовчо-завершального часу [4, с.54]:

$$t_{п-з} = t_{п-з1} + t_{п-з2} + t_{п-з3} \quad (1.26)$$

де $t_{п-з1}$ – норматив часу на налагодження станка, інструмента та пристосування, $t_{п-з1} = 9 \text{ хв}$ [6,табл. 6.3, с. 216];

$t_{п-з2}$ – час на отримання та заміну програмоносія, заміну ЗОТС, $t_{п-з2} = 8 \text{ хв}$ [6,табл. 6.3, с. 216];

$t_{п-з3}$ – час на отримання інструментів та їх повернення, $t_{п-з3} = 8 \text{ хв}$ [6,табл. 6.3, с. 216]

$$t_{п-з} = 9 + 8 + 8 = 25 \text{ хв}$$

12) Штучно-калькуляційний час [4, с.54]:

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{п-з}}}{n} \quad (1.27)$$

$$t_{\text{шт-к}} = 4,452 + \frac{25}{3000} = 4,46 \text{ хв}$$

1.7.2 Нормування операції 035

1) Установка/зняття заготовки в патроні з пневматичним затискачем:

$$t_{\text{у/зн}} = 0,185 \text{ хв}$$

2) Розрахуємо час, який необхідний оператору для керування верстатом за формулою (1.20):

$$t_{\text{кер}} = 0,019 \cdot 2 + 0,03 \cdot 3 + 0,03 \cdot 3 + 0,05 \cdot 1 = 0,61 \text{ хв}$$

3) Час прискореного руху за формулою (1.21):

$$t_{\text{приск.рух}} = 0,046 \cdot 3 + 0,046 \cdot 3 = 0,184 \text{ хв}$$

4) Час, необхідний для зміни інструмента, розраховуємо за формулою (1.22):

$$t_{\text{зм}} = 0,028 \cdot 3 = 0,084 \text{ хв}$$

5) Час контролю за формулою (1.23):

$$t_{\text{контр}} = 0,5 \cdot (0,13 \cdot 3 + 0,074 \cdot 3) = 0,306 \text{ хв}$$

Отже, склавши всі показники отримаємо допоміжний час операції за формулою (1.19):

$$t_{\text{д}} = t_{\text{доп}} = 0,185 + 0,61 + 0,276 + 0,084 + 0,306 = 1,461 \cong 1,46 \text{ хв}$$

6) Оперативний час за формулою (1.24):

$$t_{\text{оп}} = 2,39 + 1,46 = 3,85 \text{ хв}$$

7) Додатковий час за формулою (1.25):

$$t_{\text{дод}} = 3,85 \cdot 0,06 = 0,231 \text{ хв}$$

8) Штучний час за формулою (1.18):

$$t_{\text{шт}} = 2,39 + 1,46 + 0,231 = 4,08 \text{ хв}$$

9) Норма підготовчо-завершального часу за формулою (1.26):

$$t_{\text{п-з}} = 9 + 8 = 17 \text{ хв}$$

10) Штучно-калькуляційний час за формулою (1.27):

$$t_{\text{шт-к}} = 4,08 + \frac{17}{3000} = 4,09 \text{ хв}$$

Всі подальші розрахунки нормування занесено до таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Нормування операцій

№ оп.	t_o , хв	$t_{доп}$, хв	$t_{оп}$, хв	$t_{дод}$, хв	$t_{шт}$, хв.	$t_{п-з}$, хв.	$t_{шт-к}$, хв.
015	10,67	1,48	12,15	0,729	12,879	17	12,88
020	16,39	1,27	17,66	1,06	18,72	17	18,73
025	10,17	1,21	11,38	0,68	12,06	17	12,07
030	1,45	0,55	2,0	0,12	2,12	17	2,13
040	3,42	0,55	3,97	0,24	4,21	17	4,22
045	2,58	0,55	3,13	0,19	3,32	17	3,33

1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

1.8.1 Розробка токарної операції 010

За допомогою програми NX змодельємо обробку токарної операції 010 . Перший перехід – на рисунку 1.5, другий перехід – рис. 1.6.

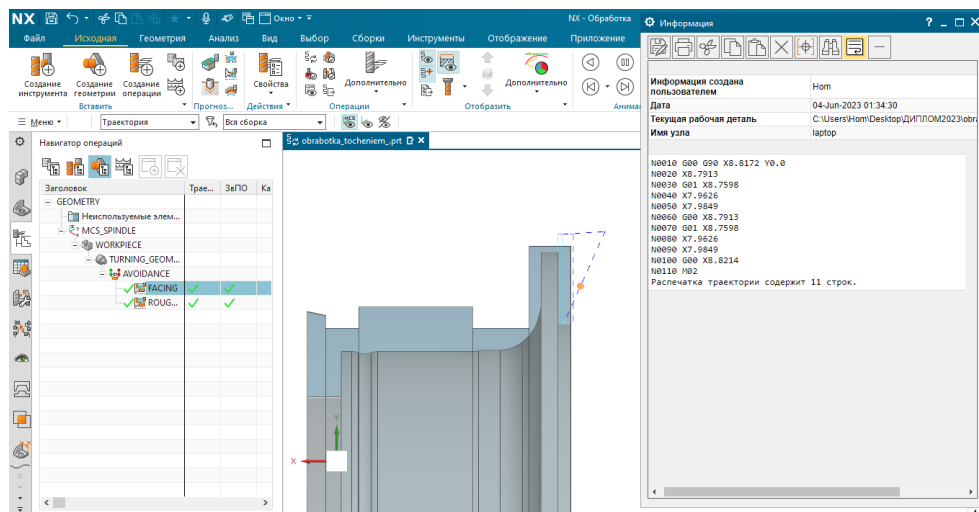


Рисунок 1.5 – Траєкторія та програма виконання переходу 1 (обробка пов.1)

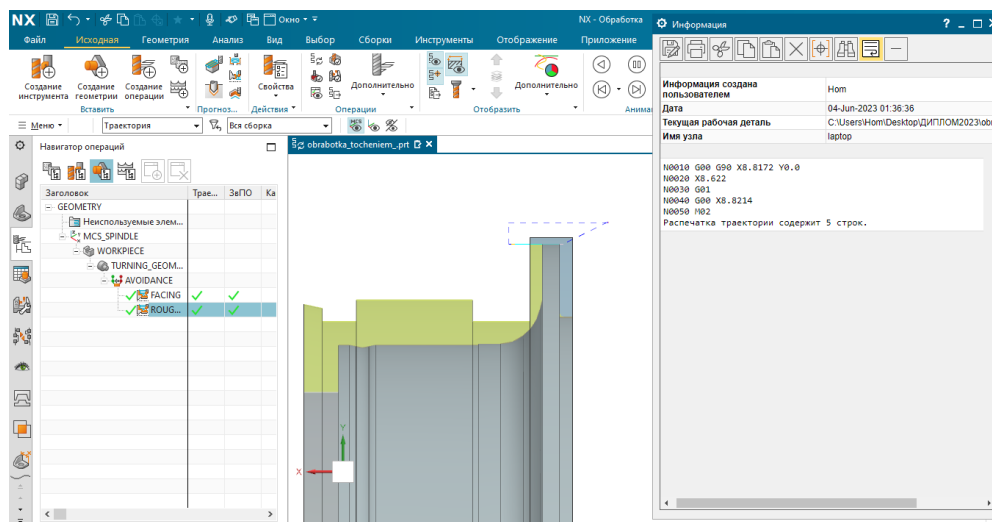


Рисунок 1.6 – Траєкторія та програма виконання переходу 2 (обробка пов.4)

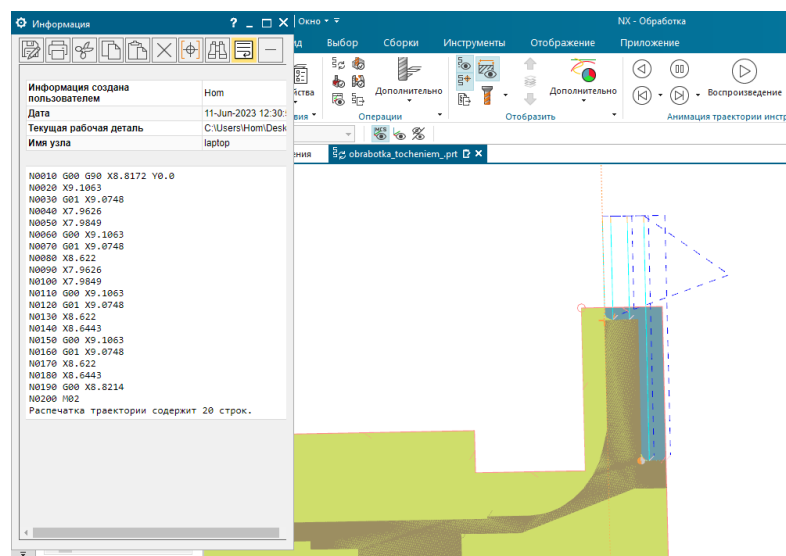


Рисунок 1.7 – Результат обробки поверхонь

1.8.2 Розробка фрезерно-свердильної операції 035

За допомогою програми NX змодельємо обробку фрезерно-свердильної операції 035. Ескіз операції рисунок 1.4.

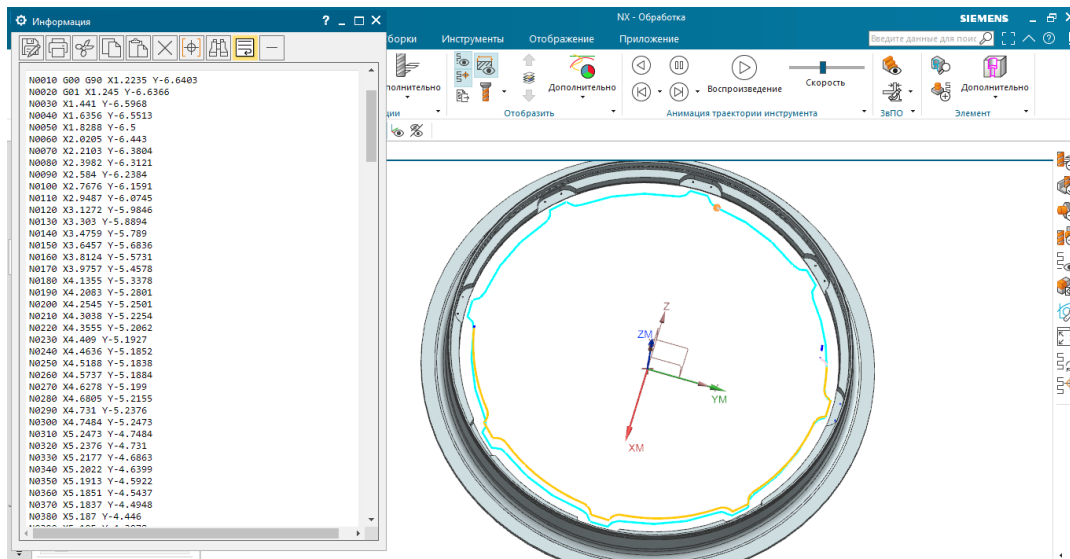


Рисунок 1.8– Траєкторія обробки поверхонь 21 та 23, початок програми операції 035

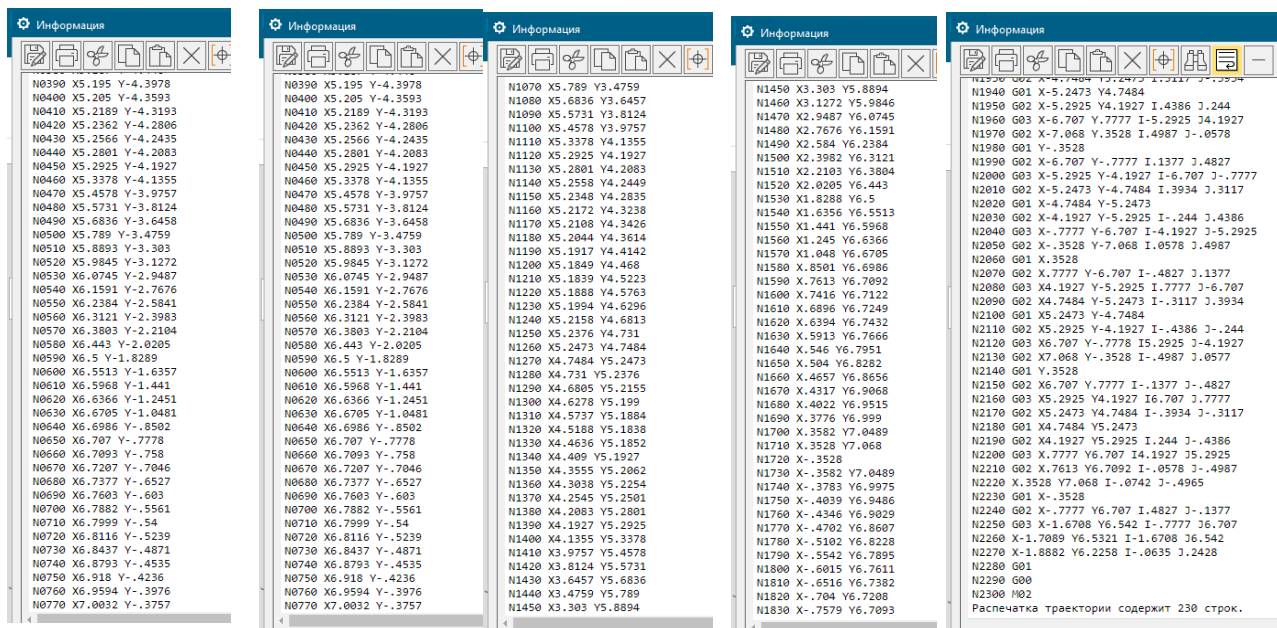


Рисунок 1.9 – Програма обробки деталі

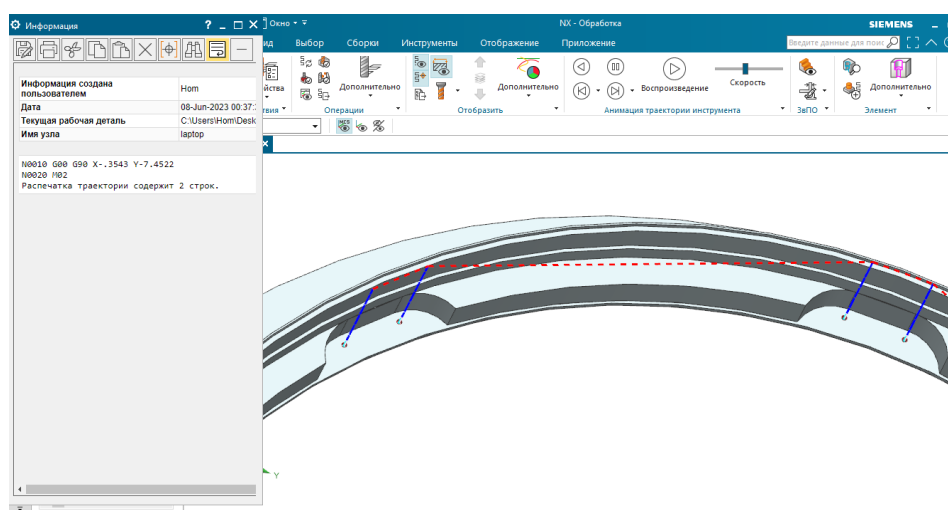
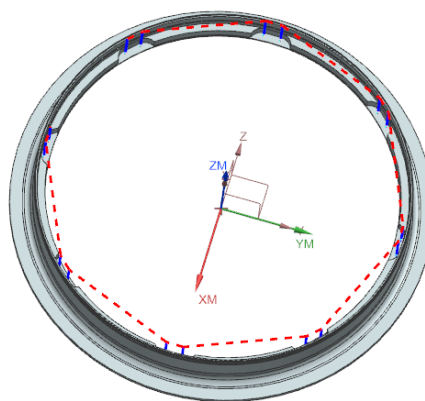


Рисунок 1.11 – Траектория свердління отворів (2 перехід)

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

У даному проекті проведено удосконалення ТП, в наслідок чого було об'єднано 3 операції в одну. На рисунку 2.1 зображено ескіз пристосування для обробки поверхонь 21, 22, 23 (рис.1.1).

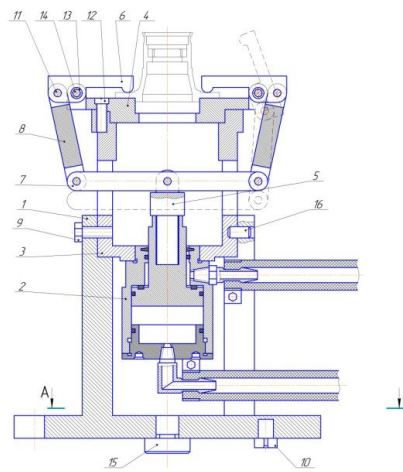


Рисунок 2.1 – Ескіз робочого пристосування для оп.035

Пристосування встановлюється на стіл верстата та базується за допомогою установочного пальця поз.15. Після закріплення пристосування встановлюють деталь. На плиту поз.5 встановлюється деталь за діаметрами $\phi 438$ та $\phi 404,5$ мм. Потім рідина під тиском подається в штокову порожнину гідроциліндра поз.2, внаслідок чого шток з поршнем опускаються вниз, відкидні прихвати поз.6 переводяться в горизонтальне положення та затискають деталь. Після чого відбувається обробка деталі.

Для того щоб зняти деталь потрібно спустити рідину з штокової порожнини гідроциліндра поз.2 та подати рідину в безштокову порожнину. Внаслідок чого поршень разом зі штоком почнуть рухатись вгору, а прихвати поз.6 перейдуть в вертикальне положення. Тепер деталь можна знімати з пристосування та закріплювати наступну.

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність

Похибка базування буде залежати від встановлення пристосування на стіл верстата. Положення пристосування фіксується пальцем поз.15. Тому потрібно розрахувати максимальний зазор, від якого і буде залежати похибка базування як деталі так і пристосування, у зв'язку з тим що верстат з ЧПК (похибка базування не буде залежати від інструмента, так як він з самого початку має нульове положення).

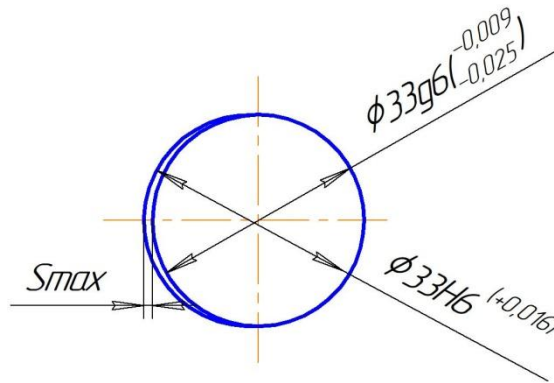


Рисунок 2.2 – Ескіз зазору між установчим пальцем та отвором столу верстата

$$\varepsilon_6 = \frac{S_{max}}{2} = \frac{D_{отв. max} - d_{п. min}}{2}$$

де S_{max} – максимальний зазор між отвором в столі верстата та діаметром установочного пальця, мм;

$D_{отв. max}$ – максимальний діаметр отвору в столі верстата, мм;

$d_{п. min}$ – мінімальний діаметр установочного пальця пристосування, мм.

$$\varepsilon_6 = \frac{33,016 - 32,975}{2} = 0,020 \text{ мм}$$

Похибку закріплення обираємо з [8, табл. 4.7, с. 50]: $\varepsilon_3 = 0,04$ мм.

Розрахунок пристосування на точність [8,табл. 4.7, с. 50]:

$$T_{об} > \sum_{i=1}^{i=n} \varepsilon_i$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} \varepsilon_i = \varepsilon_{вст} + \varepsilon_{пр} + \varepsilon_{настр} + \varepsilon_{обр} \quad (2.1)$$

де $\varepsilon_{вст}$ – частина похибки обробки, що залежить від обраної схеми установки заготовки в пристосування [8, с.55]:

$$\varepsilon_{вст} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}$$

де ε_6^2 – похибка базування, мм;

ε_3^2 – похибка закріплення, мм;

$\varepsilon_{пр}$ – частина похибки обробки, що залежить від точності виготовлення установчих елементів, їхнього зносу і встановлення пристосування на металорізальному верстаті [8, с.55]:

$$\varepsilon_{пр} = \left(T_{y.e.} \cdot \frac{L_{обр}}{L_{пр}} \right) + \Delta_2 + \left(S_{max} \cdot \frac{L_{обр}}{L_{пр}} \right)$$

де $T_{y.e.}$ – допуск на виготовлення установчих елементів (h5, h6);

$L_{обр}$ – довжина оброблюваної поверхні, мм;

$L_{пр}$ – відстань між установочними елементами, мм;

Δ_2 – похибка, що залежить від величини допустимого зносу установчих елементів пристосування [8,табл. 5.1, с. 57];

S_{max} – максимальний зазор між пазом столу і шпонкою;

$L_{пр}$ – відстань між шпонками в пристосуванні.

$\varepsilon_{настр}$ – частина похибки обробки, що залежить від точності виготовлення настроювальних елементів пристосування і процесу налаштування [8, с.58]:

$$\varepsilon_{настр} = \Delta_4 + \Delta_5 + \Delta_6$$

де Δ_4 – визначається величиною допуску на розмір T_H ;

Δ_5 – визначається величиною допуску на розмір щупа;

Δ_6 – визначається фактором, що залежить від кваліфікації наладчика або

робітника.

$\varepsilon_{обр}$ – частина похибки обробки, що залежить від зносу ріжучого інструменту, геометричної неточності виготовлення верстата, пружних і теплових деформацій системи ВПД [8, с.60]:

$$\varepsilon_{обр} = \Delta_7 + \left(0,01 \cdot \frac{L_{обр}}{100}\right) + \Delta_9 + \Delta_{10}$$

де Δ_7 – величина допустимого зносу різального інструменту;

Δ_9 – величина похибки, що залежить від інших деформацій системи ВПД;

Δ_{10} – величина похибки, що залежить від температурних деформацій системи ВПД.

Підставивши всі отримані значення в формулу (2.1) та спростивши її отримаємо [8,табл. 4.7, с. 50]:

$$T_H \leq T_{обр} - (k_1 \varepsilon_6 + \varepsilon_3 + k_2 \omega)$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує зменшення похибки базування внаслідок того, що установчий елемент у пристосуванні замінюється нечасто, а дійсні базові розміри заготовки рідко дорівнюють граничним, $k_1 = 0,8 \dots 0,85$;

k_2 – коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки від загальної, спричиненої факторами, що не залежать від конструкції пристосування, $k_2 = 0,6 \dots 0,65$;

ω – середня економічна точність обробки [8,табл. 5.2, с. 63].

T_H – пристосування нормальної точності, $T_H = \pm 0,05$ [8, с. 61].

$$0,05 \leq 0,89 - (0,85 \cdot 0,02 + 0,04 + 0,65 \cdot 0,12)$$

$$0,05 \leq 0,755$$

$$\pm 0,05 \leq \pm 0,38$$

Тобто виходячи з отриманих розрахунків, дане пристосування забезпечує потрібну точність для обробки заданої деталі.

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

У ескізному варіанті викреслюємо схему установки заготовки. Показуємо всі сили і моменти, що діють, визначаємо можливість зрушення або відриву заготовки, в результаті їх прикладення.

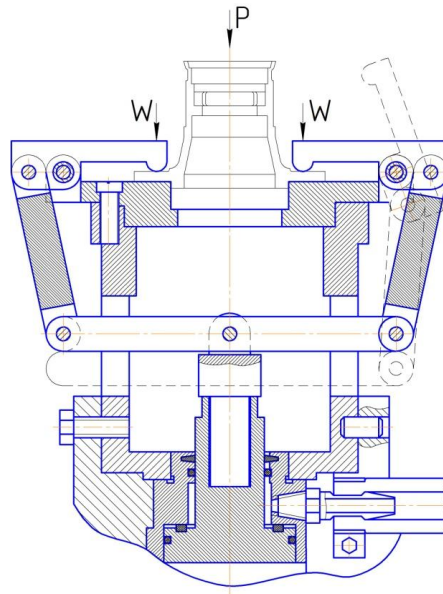


Рисунок 2.3 – Сили, що діють під час закріплення деталі в пристосуванні

Розрахуємо зусилля затиску за формулою[9, с. 63]:

$$W_d = \frac{k \cdot M - \frac{1}{3} \cdot f_2 \cdot P \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}{\frac{1}{3} \cdot f_2 \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} + f_1 \cdot R_2}$$

де k – коефіцієнт запасу закріплення:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6$$

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу, $k_0 = 1,5$ [8, с. 100];

k_1 – для чорнової обробки, $k_1 = 1,2$ [8, с. 100];

k_2 – враховується у всіх випадках обробки і залежить від виду обробки, оброблюваного матеріалу і нерівномірного зносу різального інструменту,

$k_2 = 1,6$ [8, табл. 5.2, с. 63];

k_3 – враховує умови переривчастого виду обробки, $k_3 = 1,2$ [8, с. 101];

k_4 – для всіх механізованих приводів, $k_4 = 1,0$ [8, с. 102];

k_5 – характеризує ручні затискачі з точки зору зручності закріплення деталі, $k_5 = 1,0$ [8, с. 102];

k_6 – враховується в тому випадку, коли розрахунок сил затиску проводиться з урахуванням моментів різання і залежить від виду опорної поверхні пристосування, $k_6 = 1,5$ [8, с. 102].

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 5,18$$

де $P_{\text{окр}}$ – окружна сила при фрезеруванні, Н [8, с. 117]:

$$P_{\text{окр}} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot z_p \cdot B \cdot D^n$$

де t – глибина фрезерування, мм;

S – подача на зуб фрези, мм;

z_p – число зубців фрези, мм;

B – ширина фрезерування, мм;

D – діаметр фрези, мм

$$C_p = 68; x = 0,86; y = 0,74; n = -0,86; [6, т. 6.11, с. 117]$$

$$P_{\text{окр}} = 10 \cdot 68 \cdot 3,6^{0,86} \cdot 0,12^{0,74} \cdot 5 \cdot 3 \cdot 25,5^{-0,86} = 386,85 \text{ Н}$$

$$M_{\text{різ}} = P_{\text{окр}} \cdot \frac{D_{\text{фр}}}{2}$$

де $M_{\text{різ}}$ – момент різання, Н·мм; [8, с. 114]:

$D_{\text{фр}}$ – діаметр фрези, мм

$$M_{\text{різ}} = 386,85 \cdot \frac{0,0255}{2} = 4,93 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

f_1, f_2 – коефіцієнти тертя заготовки з настановними і затискними елементами;

D, d – діаметри, по яких встановлюється деталь, мм;

R_2 – відстань від вісі заготовки до точки прикладання сили закріплення, $R_2 = 0,278 \text{ м}$

$$W_d = \frac{5,18 \cdot 4,93 - \frac{1}{3} \cdot 0,15 \cdot 386,85 \cdot \frac{0,438^3 - 0,4045^3}{0,438^2 - 0,4045^2}}{\frac{1}{3} \cdot 0,15 \cdot \frac{0,438^3 - 0,4045^3}{0,438^2 - 0,4045^2} + 0,15 \cdot 0,029} = 157,39 \text{ Н}$$

Виходячи з того, що від точки затиску до гідроциліндра немає великої кількості ланок, то робимо висновок, що сила на штоку Q дорівнює силі затиску W . Отже:

$$Q = W_d = 157,39 \text{ Н}$$

Отримавши результати, можна розрахувати, який діаметр гідроциліндра забезпечить надійний затиск деталі.

Розрахуємо діаметр гідроциліндра за формулою [8, табл.7.7, с. 149]:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\rho \cdot \eta}}$$

де Q – зусилля на штоці, Н;

ρ – тиск рідини, МПа;

η – коефіцієнт корисної дії гідроциліндра, $\eta = 0,46 \dots 0,9$;

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{157,39}{2 \cdot 10^6 \cdot 0,85}} = 0,0108 \text{ м} = 10,8 \text{ мм}$$

За таблицею [8, табл.7.8, с. 151] округлимо до стандартного значення $D = 40 \text{ мм}$

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

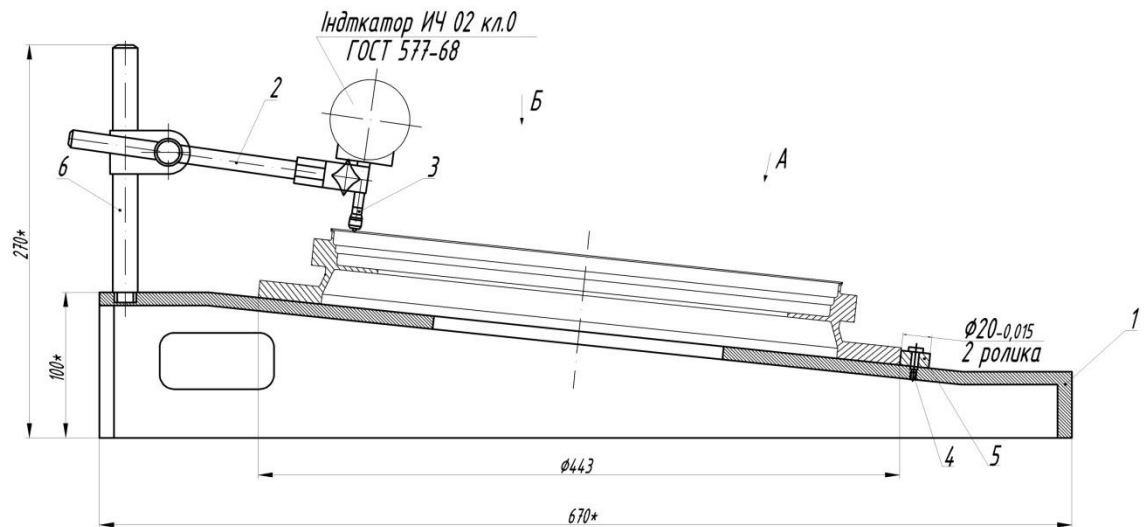


Рисунок 2.4 – Контрольне пристосування

Деталь встановлюється на стіл поз.1, циліндричною зовнішньою поверхнею діаметром Ø443 упирається у 2 ролика поз.5, за рахунок того, що пристрій працює під кутом від 10...15°. При обертанні деталі індикаторний годинник поз.3 показує відхилення торцевого биття. Перед початком перевірки індикаторний годинник встановлюється в «нульове» положення.

2.3 Розрахунок на міцність деталі, її конструктивного елемента

Для розрахунку деталі на міцність використаємо програму NX. Всі отримані результати будуть зображені на рисунках.

За допомогою «Майстер напруг» виберемо потрібну нам деталь, рис. 2.5

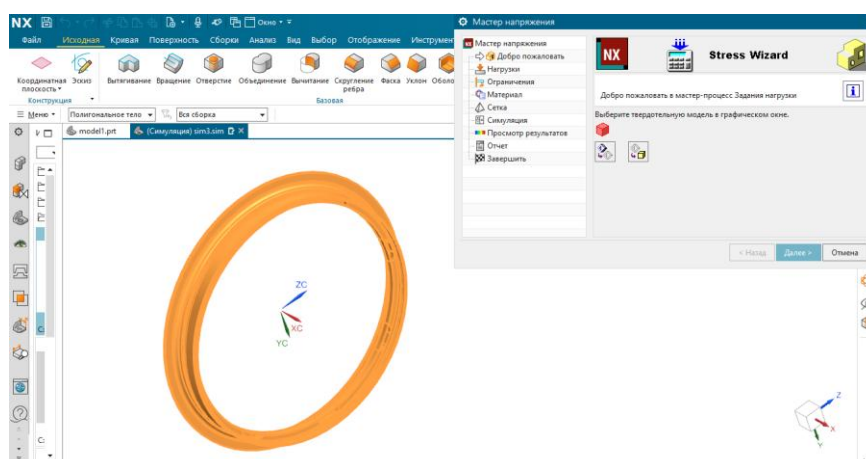


Рисунок 2.5 – 3D модель деталі

Далі обираємо поверхню, на яку буде прикладатись сила та задаємо навантаження 500 Н.

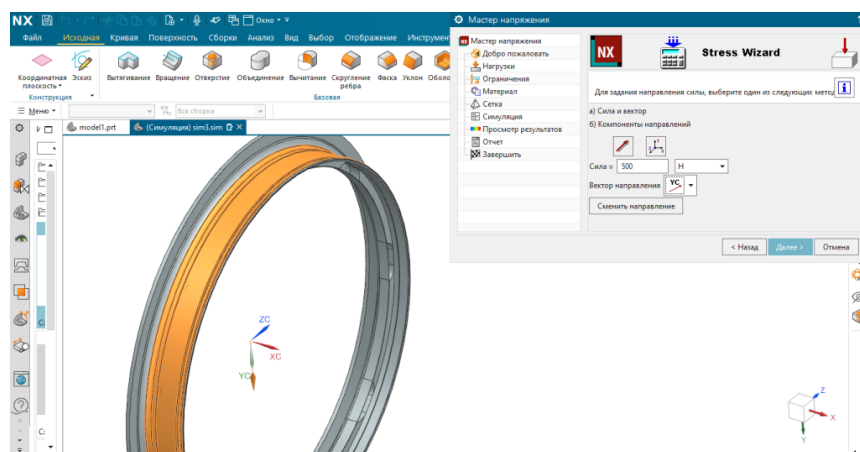


Рисунок 2.6 – Поверхні для навантаження та сила навантаження

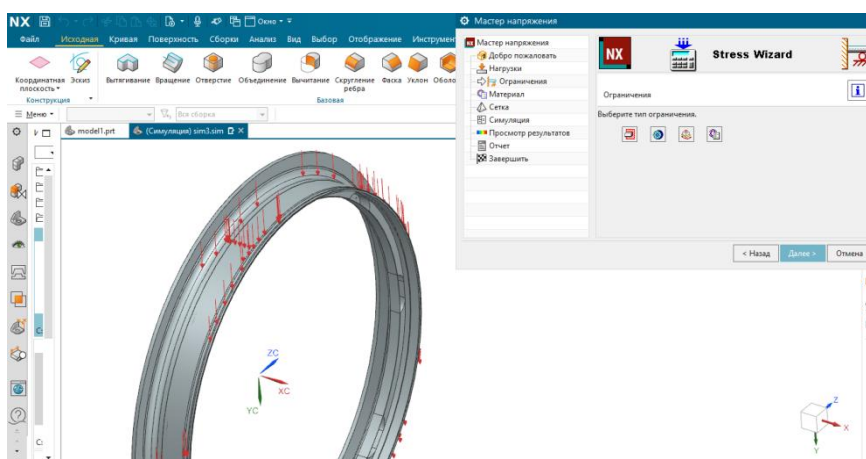


Рисунок 2.7 – Навантаження на деталь

Визначимо опорну поверхню.

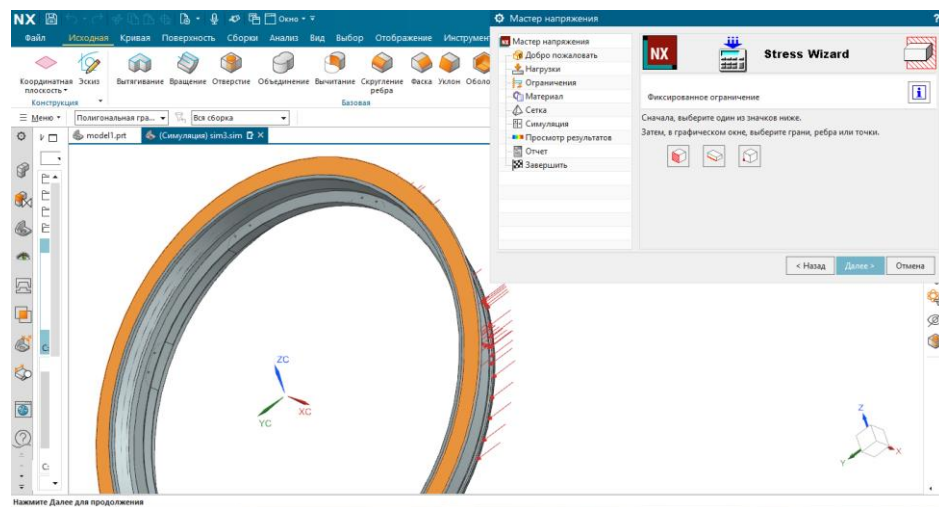


Рисунок 2.8 – Опорна поверхня

Із запропонованих варіантів виберемо потрібний сплав для деталі

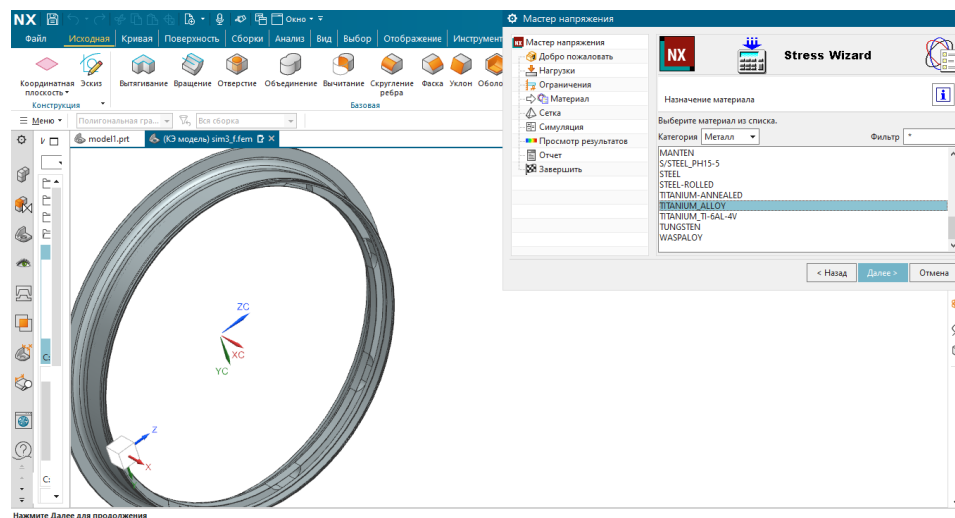


Рисунок 2.9 – Сплав деталі

Створимо сітку кінцевих елементів моделі деталі та виконаємо міцностний аналіз з урахування прикладених граничних навантажень.

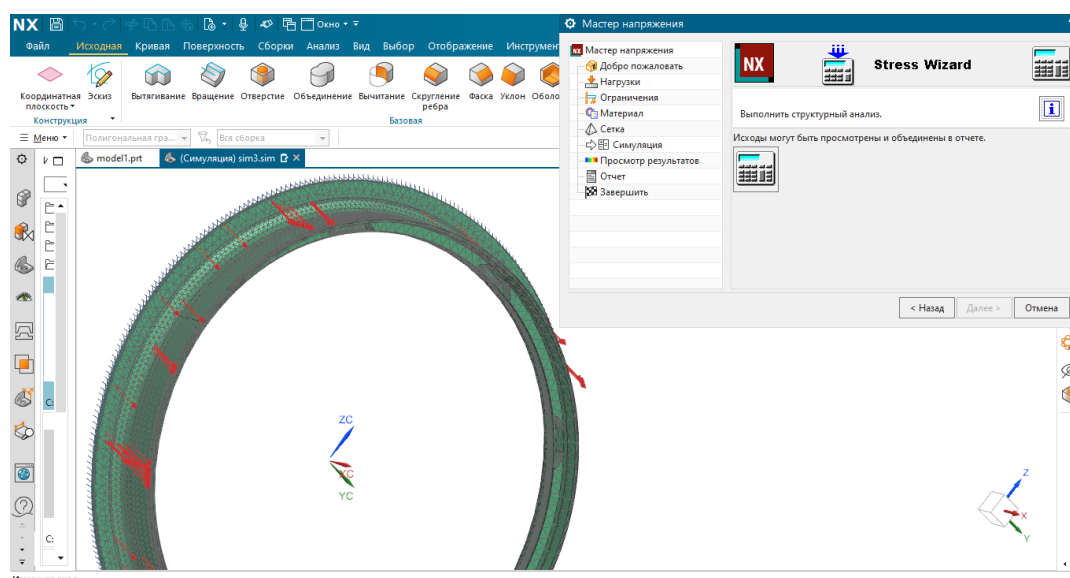


Рисунок 2.10 – Побудова сітки на деталі

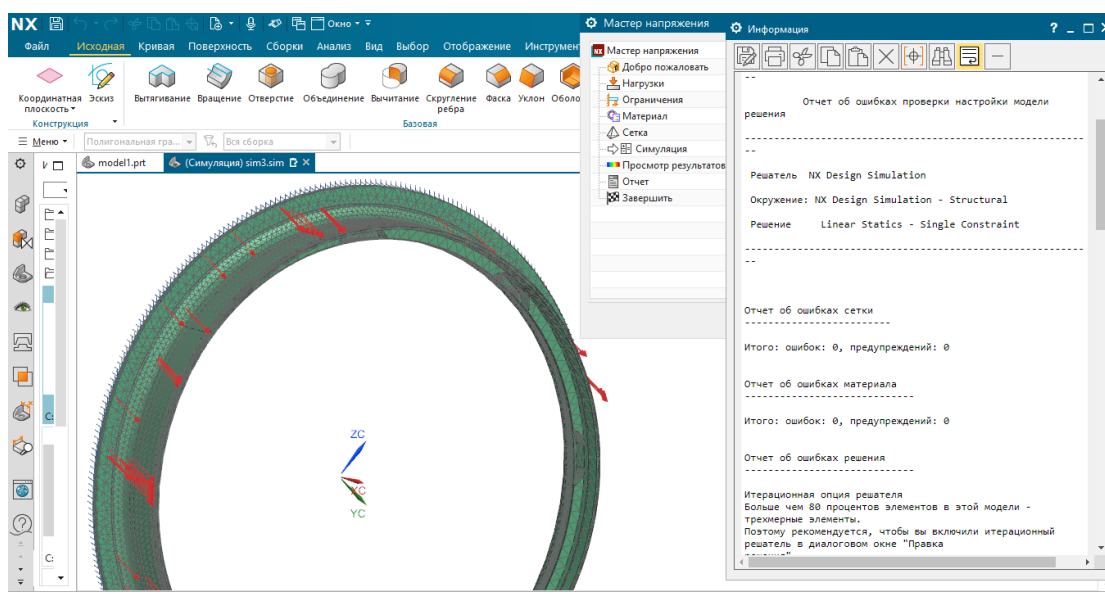


Рисунок 2.11 – Завдання параметрів розрахунку навантажень

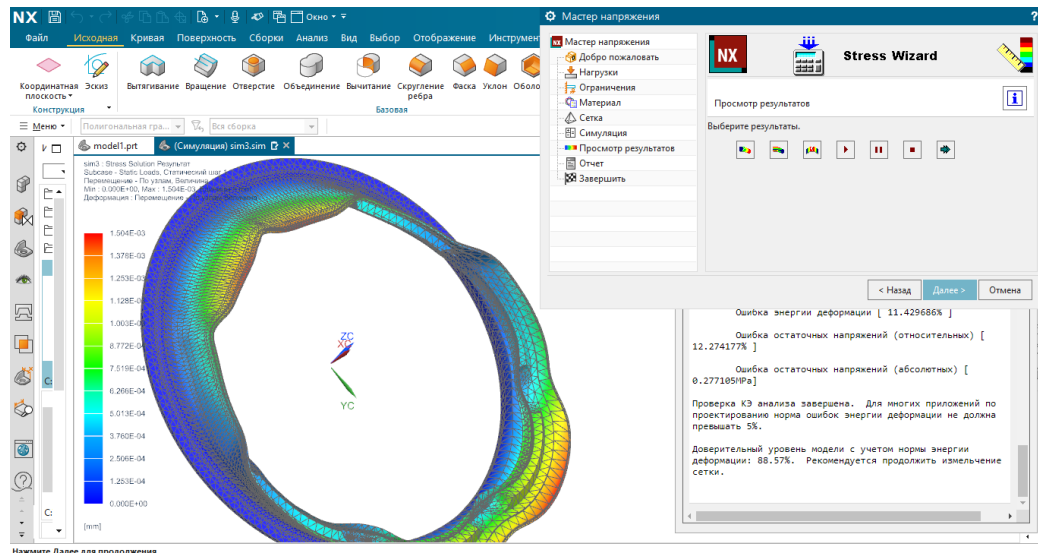


Рисунок 2.12 – Результат розрахунку – розподіл напружень в моделі

Після отриманих результатів проведемо розрахунки коефіцієнту запасу міцності за формулою:

$$n_{\sigma} = \frac{[\sigma_B]}{\sigma_{max}}$$

де $[\sigma_B]$ – допустиме навантаження, $[\sigma_B] = 950 \dots 1150$ МПа;

σ_{max} – максимальне навантаження, яке виникло в результаті діючих сил, $\sigma_{max} = 1,504 \cdot 10^2$ МПа.

$$n_{\sigma} = \frac{1050}{1,504 \cdot 10^2} = 6,98 \text{ МПа}$$

Запас міцності достатній для експлуатації з заданими навантаженнями.

3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

3.1 Визначення кількості обладнання та коефіцієнт завантаженості

З попередніх розрахунків (п.1.2) відомо, що обсяг партії складає 60 деталей.

Для операції 010

Норма виготовлення для кожної операції в зміну [13, с. 8]:

$$q_i = \frac{f}{t_{\text{шт-к}}}$$

де f – тривалість робочої зміни 5-денного робочого тижня, $f = 492$ хв;

$t_{\text{шт-к}}$ – штучно-калькуляційний час операцій, хв

$$q_{010} = \frac{492}{4,46} = 110 \text{ дет/зміну}$$

Трудомісткість [13, с. 9]:

$$t_i = \frac{t_{\text{шт-к}}}{K_{\text{м}}}$$

де $K_{\text{м}}$ – коефіцієнт багатостанкового обслуговування для верстатів з ЧПК, $K_{\text{м}} = 3$

$$t_{010} = \frac{4,46}{3} = 1,48 \text{ нормо-хв}$$

Розрахункова кількість верстатів [13, с. 9]:

$$S_{pi} = \frac{\sum_{n=1}^l t_{\text{шт-к}} \cdot N}{F_{\text{д}} \cdot 60 \cdot K_{\text{вн}}}$$

де N – річна програма, шт;

$F_{\text{д}}$ – річний дійсний фонд роботи обладнання в одну зміну, $F_{\text{д}} = 1960$ год;

$K_{\text{вн}}$ – коефіцієнт використання ефективного часу, $K_{\text{вн}} = 0,95$

$$S_{pi} = \frac{4,46 \cdot 3000}{1960 \cdot 60 \cdot 0,95} = 0,12$$

З отриманих розрахунків призначаємо кількість верстатів: $S_n = 1$.

Коефіцієнт завантаження обладнання [13, с. 10]:

$$k_{zi} = \frac{S_{pi}}{S_{ni}}$$

де S_{pi} – розрахункова кількість верстатів;

S_{ni} – прийнята кількість верстатів

$$k_{010} = \frac{0,12}{1} = 0,12$$

Кількість операцій, які виконуються на робочому місці [13, с. 5]:

$$O_i = \frac{\bar{k}_3}{k_{zi}}$$

де $\bar{k}_3$ – коефіцієнт завантаження для серійного виробництва, $\bar{k}_3 = 0,75$;

k_{zi} – розрахунковий коефіцієнт завантаження

$$O_{010} = \frac{0,75}{0,12} = 6,25$$

Розрахунки по інших операціях занесемо до таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Завантаженість дільниці

№ оп	Норма виготовлення q , дет/змін	Трудомісткість t , нормо-хв	Кількість верстатів		Коефіцієнт завантаження k_{zi}	Кількість операцій O
			S_{pi}	S_{ni}		
1	2	3	4	5	6	7
015	38	4,29	0,35	1	0,35	2,14
020	26	6,24	0,503	1	0,503	1,49
025	40	4,02	0,324	1	0,324	2,31
030	230	0,71	0,057	1	0,057	13,16
035	195	0,84	0,068	1	0,068	11,03
040	116	1,41	0,113	1	0,113	6,64
045	148	1,11	0,089	1	0,089	8,43
Всього			1,504	8		45,2

Середній коефіцієнт завантаження [13, с. 10]:

$$\bar{k}_3 = \frac{\sum S_{pi}}{\sum S_{ni}}$$

$$\bar{k}_3 = \frac{1,624}{8} = 0,203$$

Розрахуємо коефіцієнт закріплення операцій [4, с. 7]:

$$K_{3.0} = \frac{O}{M}$$

де $M = \sum S_{ni}$ – число робочих місць на ділянці:

$$K_{3.0} = \frac{51,45}{8} = 6,43$$

$$1 \leq K_{3.0} \leq 10$$

Отже з отриманих даних тип виробництва крупносерійний; форма організації робіт на лінії – змінно-потокова.

3.2 Визначення чисельності основних виробничих робітників :

$$R = \frac{S_n}{H}$$

де R – кількість робітників;

H – норма багатоверстатного обслуговування [13, с. 22]

$$H = \frac{t_{м.а}}{t_{зан} + t_{пер}} + 1 = \frac{t_{м.а}}{t_{вруч} + t_{пер} + t_{а.н}} + 1$$

де $t_{м.а}$ – безперервний машинно-автоматичний час виконання операції, хв;

$t_{вруч}$ – допоміжний ручний час, хв;

$t_{пер}$ – час переходу робітника від верстата до верстата, $t_{пер} = 0,14 - 0,25$ хв;

$t_{a.n}$ – час активного нагляду за роботою верстата до виходу його на стабільний режим автоматичної обробки, $t_{a.n} = 0,1 - 0,5$ хв.

$$H = \frac{2,04}{0,741 + 0,14 + 0,2} + 1 = 2,85$$

Приймаємо $H = 2$

$$R = \frac{1}{2} = 0,5$$

Тобто кількість робітників для операції 010 $R = 1$

Результати розрахунків будуть занесені до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Кількість робітників на ділянці

№ оп.	Норма багатоверстатного обслуговування H		Кількість робітників R
	$H_{розр}$	$H_{пр}$	
015	7,88	3	1
020	12,57	4	1
025	7,42	3	1
030	1,91	1	1
035	0,63	1	1
040	4,52	4	1
045	3,41	3	1

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

У даній роботі були проведені такі заходи, як заміна трьох наявних верстатів на один. Тобто на ділянці є два фрезерних верстата та один свердлильний, які виконують три окремі операції. Для того щоб підвищити ефективність роботи було вирішено замінити їх на один універсальний фрезерно-свердлильний верстат, операція 035.

Внаслідок проведених заходів розрахуємо чи відбудеться економічний ефект від нововведень. Для правильності розрахунків скористаємось методичними вказівками [10].

1) Розрахуємо кількість обладнання за формулою:

$$C_p = \frac{t_{шт-кi} \cdot N}{F_{\partial} \cdot k_{\epsilon} \cdot k_z \cdot 60} \quad (4.1)$$

де C_p – рахункова кількість обладнання;

$t_{шт-кi}$ – штучно-калькуляційний час, хв, операції виготовлення i – тої деталі;

N – програма випуску;

F_{∂} – дійсний фонд часу роботи обладнання, год;

k_{ϵ} – коефіцієнт виконання норм часу, $k_{\epsilon} = 1,1 \dots 1,2$;

k_z – коефіцієнт завантаження обладнання, $k_z = 0,8 \dots 0,85$

2) Розрахуємо прийняту кількість обладнання:

$$g = \frac{C_p}{C_{пр}} \quad (4.2)$$

3) Розрахуємо коефіцієнт завантаження верстата:

$$\eta_{зф} = \frac{C_p}{P} \quad (4.3)$$

4) Розрахуємо кількість операцій:

$$O = \frac{\eta_{zn}}{\eta_{zf}}. \quad (4.4)$$

5) З попередніх розрахунків відомо вартість заготовок базового ТП та вдосконаленого ТП (пункт 1.3):

$$B_{31} = 10840,5 \text{ грн};$$

$$B_{32} = 9784,94 \text{ грн}.$$

6) Розраховуємо заробітну плату основних виробничих робітників Z_o :

$$Z_o = \sum_{i=1}^{m_{on}} t_{um_i} \cdot C_{тар} \cdot K_{\delta} \cdot k_{доп.} \cdot k_{соц} \quad (4.5)$$

де m_{on} – кількість операцій у технологічному процесі;

t_{um_i} – норма штучного часу виконання i -ої операції, год (для переведення хвилин у години розділити на 60);

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

K_{δ} – коефіцієнт, що враховує оплату основного робітника верстатника при багатоверстатному обслуговуванні;

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

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

7) Розрахуємо заробітну плату допоміжних робітників:

$$Z_n = \frac{C_{тар.н} \cdot \Phi_p \cdot \chi_n \cdot k_{доп.} \cdot k_{соц}}{N} \quad (4.6)$$

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

χ_n – чисельність робітників відповідної категорії, чол.

8) Розрахуємо амортизаційні відрахування на обладнання:

$$A_{ei\partial} = \sum_{i=1}^{m_{on}} \frac{K_i \cdot H_{ai} \cdot t_{oi}}{100 \cdot F_{\partial} \cdot 60} \quad (4.7)$$

де K_i – первісна вартість обладнання (оснащення) на i -ої операції, грн.;

H_{ai} – річна норма амортизаційних відрахувань на обладнання (оснащення) на i -ої операції (%);

t_{oi} – основний (машинний) час на i -ої операції, хв;

F_{∂} – дійсний (ефективний) фонд часу роботи устаткування (оснащення), год.

9) Розрахуємо витрати на інструмент:

$$S_{in} = \sum_{i=1}^{m_{on}} \sum_{j=1}^{n_{in}} \frac{C_{inij} \cdot t_{umij} \cdot \eta_m}{T_{ij} \cdot (n_j + 1)}, \quad (4.8)$$

де C_{inij} – ціна інструменту j -го виду на i -ої операції, що визначається за каталогами підприємств, фірм-постачальників інструменту чи сайтах мережі Інтернет, грн./шт.;

t_{umij} – штучний час роботи j -го інструменту на i -ої операції, хв;

η_m – коефіцієнт машинного часу, що визначається як відношення t_{maui}/t_{umt} ;

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

10) Розрахуємо витрати на технологічну електроенергію:

$$S_e = \frac{N_e \cdot k_N \cdot k_q \cdot k_{od} \cdot k_w \cdot t_{umk}}{\eta \cdot k_e} \cdot C_e \quad (4.9)$$

де N_e – встановлена потужність головного електродвигуна, квт;

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

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

k_{od} – середній коефіцієнт одночасної роботи всіх електродвигунів верстата (для верстатів з ЧПК прийняти рівним 1, для решти обладнання - 0,6);

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

C_e – вартість 1 кВт×год електроенергії (тариф для підприємств становить 3,45 грн. за 1 кВт×год).

11) Розрахуємо витрати на обслуговування та ремонт обладнання:

$$S_p = \frac{C_{mo} \cdot K_p \cdot C_p}{N} \quad (4.10)$$

де C_{mo} – залишкова вартість обладнання, грн

K_p – коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду, $K_p \approx 0,02 \dots 0,04$.

12) Розрахуємо витрати на налаштування інструментів поза верстатом:

$$S_n = \frac{\varphi \cdot C_{zn} \cdot t_{in} \cdot t_o \cdot K_m}{T_m \cdot m \cdot 60} \quad (4.11)$$

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

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

t_{in} – середній час налаштування одного інструменту поза верстатом, хв
($t_{in}=4$ хв. – для токарних верстатів з ЧПК; $t_{in} = 5$ 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.

13) Розрахуємо інші загальновиробничі витрати:

$$I_n = 3_o \cdot k_{zag} \quad (4.12)$$

де k_{zag} – коефіцієнт, що враховує інші загальновиробничі витрати, віднесені до заробітної плати основних виробничих робітників, або до суми основної заробітної плати основних виробничих робітників та витрат, пов'язаних з роботою обладнання відповідно, $k_{zag} = 0,2 \dots 0,25$.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Розрахункові параметри	Варіанти технологічного процесу			
	Перший (базовий) ТП			Другий ТП
Річна програма випуску деталей N_p	3000			3000
1	2	3	4	5
Модель верстата	ЧПУ ГФ4471	2A55	65A60Ф4-11	Haas VF4
Штучний час $T_{шт}$, хв.	4,32	1,36	2,1	4,09
Розряд верстатника	4	5	4	4
Розряд наладчика	4	–	4	4
Число верстатів, що обслуговуються за зміну: верстатником наладчиком	1	1	1	1
	1	–	1	1
Тарифна ставка основного робітника, грн/год	57,5	65,1	57,5	57,5
Тарифна ставка наладчика, грн/год	50,9	–	50,9	50,9
Число змін m	1	1	1	1
Оптова ціна верстата F , грн	3441120	109360	3441120	4822800
Число верстатів	1	1	1	1

1	2	3	4	5
Сервісний термін обслуговування верстата n, років	10	6	10	15
Норма амортизаційних відрахувань H_a %	12,2	10,9	12,2	12,2
Встановлена потужність електродвигунів N	20,0	4,5	20,0	14,5

Таблиця 4.2 - Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій базового ТП

№ опер	Найменування операції	$T_{шт, хв.}$	C_p	P	$\eta_{зф}$	O	$K_{зoi}$
040	Фрезерна	4,32	0,125	1	0,125	6,4	6,4
045	Свердлильна	1,36	0,039	1	0,039	20,5	20,5
050	Фрезерна	2,1	0,061	1	0,061	13,1	13,1
Всього						$\Sigma O = 40$	

Коефіцієнт закріплення операцій $K_{зoi}=40/3=13,3$. Отже, тип виробництва – середньосерійний.

Таблиця 4.3 - Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій другого ТП

№ опер	Операція	$T_{шт, хв.}$	C_p	P	$\eta_{зф}$	O	$K_{зoi}$	Модель верстата
035	Фрезерно-свердлильна з ЧПК	4,09	0,068	1	0,068	11,03	11,03	Haas VF4

Тип виробництва –середньосерійний, так як $K_{зoi}=11,03$

Заробітну плату основних робітників розраховуємо за формулою (4.5), а для наладчиків використаємо формулу (4.6).

Таблиця 4.4 - Заробітна плата верстатника за базовим ТП

№ опер.	Найменування операції	T _{шт} , хв.	C _{тар} , грн	k _{доп}	k _{соц}	З _о , грн
040	Фрезерна	4,32	57,5	1,2	1,4	6,95
045	Свердлильна	1,36	65,1	1,2	1,4	2,48
050	Фрезерна	2,1	57,5	1,2	1,4	3,38

Таблиця 4.5 - Заробітна плата верстатника за другим ТП

№ опер	Найменування операції	T _{шт} , хв.	C _{тар} , грн	k _{доп}	k _{соц}	З _о , грн
035	Фрезерно-свердлильна з ЧПК	4,09	57,5	1,2	1,4	6,58

Таблиця 4.6 - Заробітна плата наладчика за першим ТП

№ опер	Найменування операції	C _{тар.н} , грн	Ф _р , год	Ч _н	k _{доп}	k _{соц}	З _н , грн
040	Фрезерна	50,9	2028	1	1,2	1,4	57,8
050	Фрезерна	50,9	2028	1	1,2	1,4	57,8

Таблиця 4.7 - Заробітна плата наладчика за другим ТП

№ опер	Найменування операції	C _{тар.н} , грн	Ф _р , год	Ч _н	k _{доп}	k _{соц}	З _н , грн
035	Фрезерна	50,9	2028	1	1,2	1,4	57,8

Амортизаційні відрахування на обладнання розраховуємо за формулою (4.7) .

Таблиця 4.8 - Відрахування на амортизацію обладнання за першим ТП

№ опер.	Найменування операції	T _{шт} , хв.	K, грн	H _а , %	F _д	A _{від} , грн.
1	2	3	4	5	6	7
040	Фрезерна	4,32	3441120	12,2	1960	0,29
045	Свердлильна	1,36	109360	10,9	1960	0,0013
050	Фрезерна	2,1	3441120	12,2	1960	0,07
Всього						$\sum A_{від} = 0,3613$

Таблиця 4.9 - Відрахування на амортизацію обладнання за другим ТП

№ опер.	Найменування операції	Т _{шт, хв.}	К, грн	Н _а , %	Е _д	А _{від} , грн.
035	Фрезерно-свердлильна ЧПК	4,09	4822800	12,2	1960	0,204

Витрати на інструмент розраховуємо за формулою (4.8).

Таблиця 4.10 - Витрати на інструмент за базовим ТП

№	Операція	Т _{шт, хв.}	Ц _і , грн	Типорозміри інструменту	п _і , кількість інструментів	Стійкість Т, хв	Число переточок, п	η _{мі}	S _{ін} , грн
040	Фрезерна	4,32	545	фреза кінцева	1	90	50	0,45	0,23
045	Свердлильна	1,36	256	свердло спіральне	1	6	60	0,6	0,57
050	Фрезерна	2,1	545	фреза кінцева	1	90	50	0,45	0,11
Всього					$\sum = 3$				$\sum = 0,91$

Таблиця 4.11 - Витрати на інструмент за другим ТП

№	Операція	Т _{шт, хв.}	Вартість інструментального обладнання			Стійкість Т, хв	η _{мі}	Число ріжуч. граней п	S _{ін} , грн
			Інструментальний блок*, у.о.	Інструмент*, у.о.	Пластина у.о.				
035	Фрезерно-свердлильна з ЧПК	4,09	180	95,5 76,4	12,75 14,25	90 6	0,7	4 4	1,83 25,82 $\sum = 27,65$

Примітка: * – Витрати, включені в договір про постачання обладнання.

Витрати на технологічну електроенергію розраховуємо за формулою (4.9) .

Таблиця 4.12 - Витрати на силову електроенергію за базовим ТП

№ опер	Найменування операції	$T_{шт},$ хв.	$C_e,$ грн./кВт·год	N_e кВт	k_N	$k_{\text{ч}}$	$k_{\text{од}}$	k_W	η_e	k_B	S_e
040	Фрезерна	4,32	3,45	20	0,9	0,7	0,6	1,08	0,85	1,1	3,62
045	Свердлильна	1,36	3,45	4,5	0,8	0,6	0,6	1,08	0,85	1,1	0,12
050	Фрезерна	2,1	3,45	20	0,9	0,7	0,6	1,08	0,85	1,1	1,76
											$\sum = 5,5$

Таблиця 4.13 - Витрати на силову електроенергію за другим ТП

№ опер	Найменування операції	$T_{шт},$ хв.	$C_e,$ грн./кВт·год	N_e кВт	k_N	$k_{\text{ч}}$	$k_{\text{од}}$	k_W	η_e	k_B	S_e
035	Фрезерно-свердлильна з ЧПК	4,09	3,45	14,5	0,9	0,7	1	1,08	0,85	1,1	2,48

Витрати на обслуговування та ремонт обладнання розраховуємо за формулою (4.10).

Таблиця 4.14 - Витрати на ремонт та обслуговування обладнання по базовому ТП

№ опер.	Найменування операції	Коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду, K_p	C_p	S_p , грн
040	Фрезерна	0,02	0,125	0,14
045	Свердлильна	0,02	0,039	0,014
050	Фрезерна	0,02	0,061	0,14
				$\sum = 0,2814$

Таблиця 4.15 – Витрати на ремонт та обслуговування обладнання по другому ТП

№ опер.	Найменування операції	Коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду, K_p	C_p	S_p , грн
035	Фрезерно-свердлильна з ЧПК	0,02	0,068	0,43

Витрати на налаштування інструментів поза верстатом розраховуємо за формулою (4.11).

Таблиця 4.16 - Витрати на налаштування інструментів поза верстатом по базовому ТП

№ опер	Найменування операції	T_o , хв.	$C_{гн}$, грн/год	Типи інструменту	n_i	$t_{ін}$, хв.	K_T	T_m , хв.	m	S_n , грн
040	Фрезерна	3,07	50,9	фреза	1	5	0,71	90	2	0,066
050	Фрезерна	0,85	50,9	фреза	1	5	0,4	90	2	0,01

Таблиця 4.17 - Витрати на налаштування інструментів поза верстатом по другому ТП

№ опер	Найменування операції	T_o , хв.	$C_{гн}$, грн/год	Типи інструменту	n_i	$t_{ін}$, хв.	K_T	T_m , хв.	m	S_n , грн
035	Фрезерно-свердлильна з ЧПК	2,39	50,9	фреза свердло	1 1	5	0,58	48	2 2	0,079

Узагальнені результати розрахунку технологічної собівартості обробки за варіантами наведено у табл. 4.18.

Таблиця 4.17 - Розрахунок елементів технологічної собівартості, грн.

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Перший	Другий
1	2	3	4
Вартість заготовок	B_z	10840,5	9784,94
Заробітна плата верстатника	Z_o	12,81	6,58
Заробітна плата наладчика	Z_n	115,6	57,8
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{від}$	0,3613	0,204
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	S_p	0,2814	0,43
Витрати на різальний інструмент	$S_{ін}$	0,91	27,65
Витрати на налаштування інструментів поза верстатом	S_n	0,076	0,079
Витрати на електроенергію	S_e	5,5	2,48
Витрати інші	I_n	2,83	1,71
Технологічна собівартість	C_T	10978,86	9881,87

Розрахуємо умовний економічний ефект за формулою:

$$E_{yp} = (10978,86 - 9881,87) \cdot 3000 = 3290970 \text{ грн.}$$

Таким чином, річна економія від впровадження другого ТП за статтею собівартість може становити 3290970 грн, що свідчить про ефективність концентрації технологічних операцій.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ. ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ З ТИТАНОМ

Титан – метал, який володіє необхідними в авіадвигунобудівній отраслі властивостями, такі як: корозійна стійкість, міцність, висока в'язкість, пластичність, гарний провідник, низька щільність – порівняно легкий. Та жароміцний. Але має одну особливість – вибухонебезпечний.

Якщо стан титану близький до температури плавлення, при контакті з повітрям починає горіти, також при потраплянні води стає вибухонебезпечним. Легко взаємодіє з лугами, кислотами та оксидами металів.

Обробка титану на дільницях.

При обробці титану виникає пил, який є також дуже пожежонебезпечним при високих температурах, а якщо стружка титану забруднена маслами, то можливе виникнути самозаймання цієї стружки.

Тому на дільницях, в цехах, де обробляють титан повинні бути пиловідводи, щоб не допустити займання пилу під час роботи. А при електрохімічній обробці, наприклад полірування у гальванічних ваннах, деталь та інструменти повинні бути ретельно очищені від бруду, зайвих хімічних сполук та підігріті до температури, яка зазначена в ТП виготовлення деталі. Також на підприємствах потрібно унеможливити контакт титану з димлячою азотною кислотою, так як ця сполука є вибухонебезпечною.

Гасіння титану.

Щитки з пожежним приладдям повинні розташовуватись недалеко від робочого місця та бути легко доступними в разі виникнення пожежі. Гасити вогонь можна ручним або пересувним вогнегасником; сухим порошковим криолитовим флюсом; якщо є – то аргоном або гелієм, дотримуючись техніки безпеки при використанні. Гасити пожежу водою, вуглекислотою чи азотом категорично заборонено.

Якщо наприклад на ділянці потрібно провести зварювання металу (ремонт верстата) то потрібно прибрати всі матеріали, які контактували з титаном, стружку після обробки титану, щоб не відбулось загоряння під час роботи з відкритим полум'ям.

Зберігання і переробка титану.

Титанові відходи які:

- відправляються на переплавку, повинні бути розсортовані та зберігатись в спеціальних контейнерах;
- не підлягають переробці, потрібно утилізувати, в спеціальну закриту металу тару щодня. Знищення відходів відбувається за допомогою спалювання або змішування з піском та подальшим похованням у відведених для цього місцях.

Зберігають титан в спеціальних контейнерах з підписом його вмісту на виробничих складах.

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломного проекту було вдосконалено процес виготовлення деталі «Фланець передній соплового апарата». Робота складається з чотирьох частин: технологічної, конструкторської, організаційної та графічної.

В технологічній частині було обрано та економічно обґрунтовано спосіб отримання заготовки, порівняно з базовим; призначено припуски та спроектовано маршрут обробки деталі, використовуючи більш сучасне обладнання і оснастку. Також було розраховано режими різання та нормування операцій.

В конструкторській частині було спроектовано робоче пристосування та розрахунок його сили затиску і вибір приводу. Також було розраховано похибки базування та закріплення при установці його на стіл верстата. Було запропоновано контрольне пристосування для контролю биття деталі.

В організаційній частині було розраховано параметри ділянки та кількість робітників, економічний ефект від проведених заходів в результаті об'єднання декількох операцій в одну. Проаналізувавши матеріал, з якого виготовлена деталь, було запропоновано заходи з охорони праці, в якій описуються особливості обробки титану.

Графічна частина включає в себе креслення деталі, заготовки, маршруту виготовлення деталі, креслення робочого пристосування, специфікацію до нього, маршрутну карту, карту заготовки, карти ескізів та операційні карти.

У дипломному проекті було проведено концентрацію операцій базового ТП (об'єднання операцій 040,045,050) в одну, яка виконується на одному фрезерно-свердлильному верстаті з ЧПУ Haas VF4, внаслідок чого відбулася економія: часу на виготовлення деталі; виробничих площ; витрат на обладнання. Економічний ефект від концентрації операцій склав

3290970 грн. За рахунок отримання заготовки методом ГKM було отримано річну економію в розмірі 3219644,87 грн. На ділянці запропоновано використовувати верстати з ЧПК. Також замість ручної обробки (напилком, металевими щітками) задирок були впроваджено слюсарну обробку за допомогою віброабразивної установки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Богуслаєв В.О., Ципак В.І., Яценко В.К. Основи технології машинобудування. Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Запоріжжя, вид. ВАТ «Мотор Січ», 2003 р. – 336 с.
2. 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.
3. 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/ Укл.: Гончар Н.В., Тумарченко Л.О. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 61 с
4. Тексти (конспект) лекцій з дисципліни ««Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин»» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Н.В. Гончар – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 70 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. Под ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.М. – М.: Машиностроение, 1985. – т

6. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения – Минск: Высш. школа, 1983. – 256 с.
7. Справочник нормировщика-машиностроителя. Техническое нормирование механосборочных работ. Под ред.. Е.Н. Стружестраха – М.: Машгиз, 1961. – т.2, 778 с
8. В. А. Богуслаев, В.А, Леховицер, А. С. Смирнов «Станочные приспособления» – М.: ОАО «Мотор Сич», 2000 – 430 с.
9. Конспект лекцій з дисципліни «Технологічне оснащення» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка, ДНУ.
10. 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.
11. Електронний ресурс: https://metallichekiy-portal.ru/marki_metallov/tit/VT20
12. Електронний ресурс: http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=1294
13. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Механоскладальні дільниці та цехи у машинобудуванні» Частина 1 для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» ОП «Технології машинобудування» /Укл. В.В. Кононов, В.О. Логомінов, – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 64 с.
14. Електронний ресурс: <https://files.stroyinf.ru/Data/370/37012.pdf>

ДОДАТОК А

Специфікація

[illegible]

[illegible]

ДОДАТОК Б

Технологічні карти

ИОТ N 63

1

1

Разраб. Карамушка

НЧЗП

НЧЗП 712451.006

М-110сп.00.1.21.00005

Проверил Гончар НВ

Н. контр. Лядя СІ

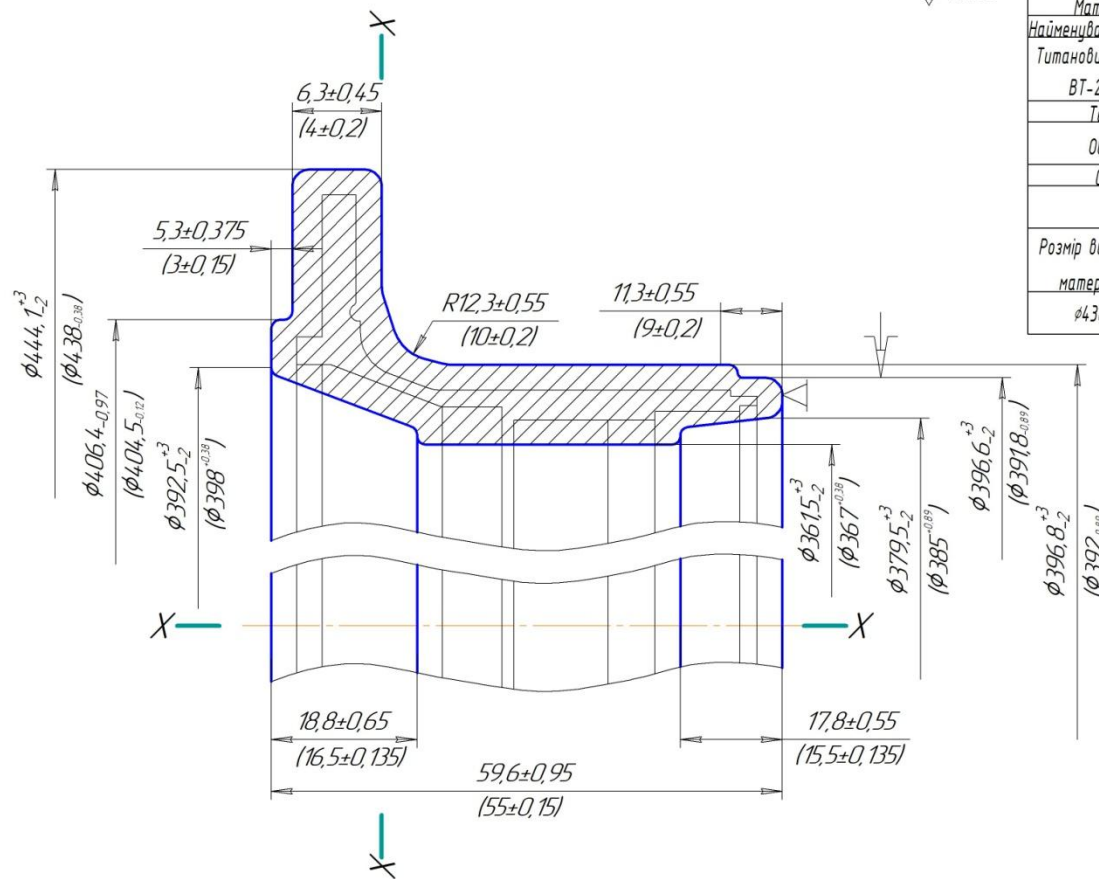
Фланець передній соплового апарата

ООС

Ra50

Технічні вимоги на заготовку

Матеріал	Код	Код та вид	Профіль та розміри
Найменування та марка			
Титановий сплав		Штамповка на ГКМ	φ444,1-59,6
BT-20			
Технічні вимоги	Маркування	Твердість	Маса деталі
ОСТ 1 90013-81		255 HB	2,8
Сортамент	Допустима кривизна		КВМ
			0,215
Розмір вихідного матеріалу	Кількість дет. з заг.	Норма використання	
		Розмір листа, прутка	Маса
φ438-55	1		12,99



1. Твердість 255...341 HB
2. Заготовка – штамповка на ГКМ ГОСТ 7505-89, клас точності – Т4, група складності – М2, ступінь складності – С1
3. Гострі кромки не допускаються
4. Неуказані штампувальні нахили – внутрішні 8° та зовнішні 6°
5. Неуказані радіуси скруглень – зовнішні R5, внутрішні R15
6. Допустиме зміщення в площині роз'єму штампів не більше 0,6 мм

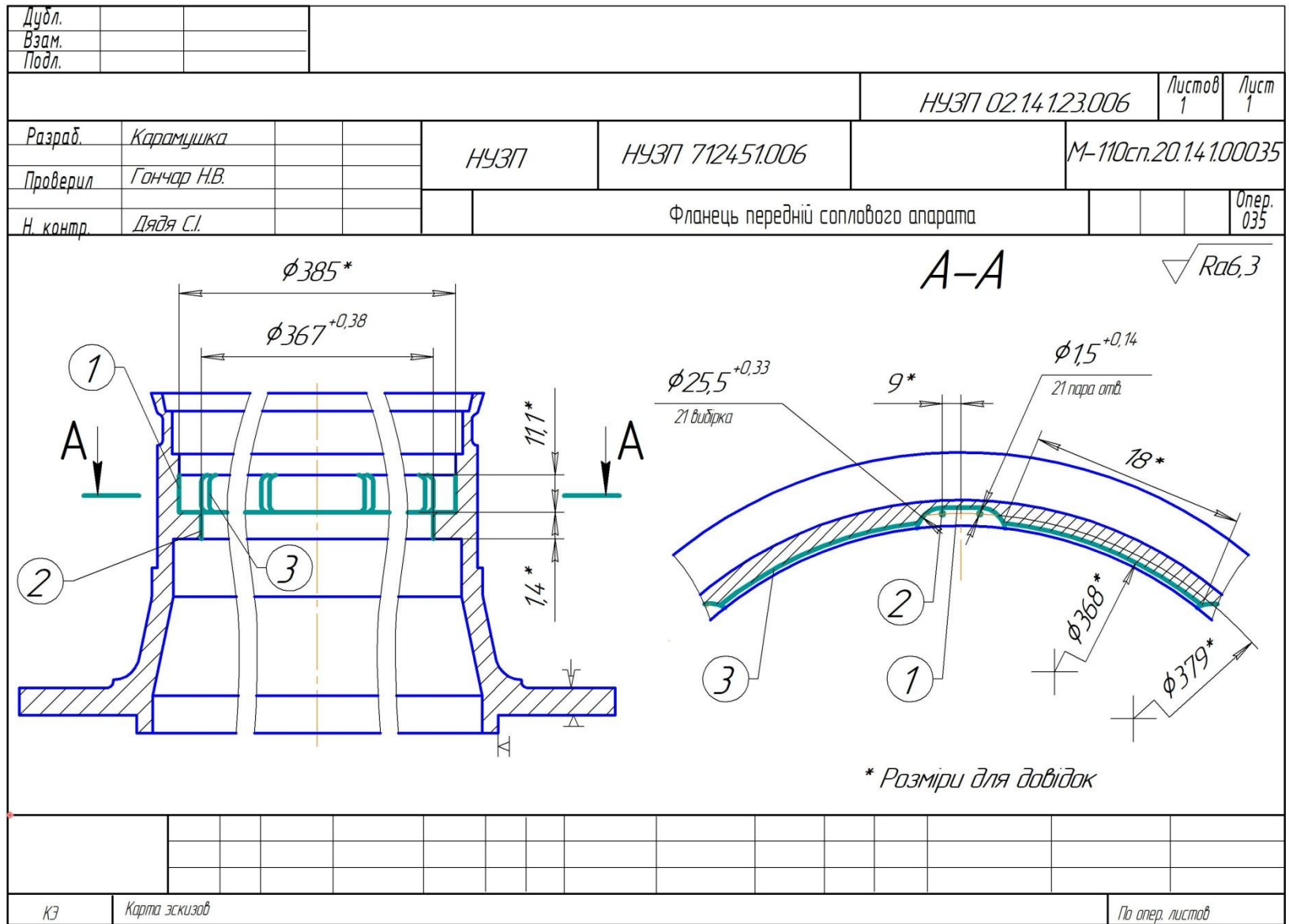
Карта заготовки

ГОСТ 3.1118-82 Форма 2а

Лист																
Взам.																
Лист																
										НУЗП 02.14.123.006		Листів 3		Лист 3		
					НУЗП		НУЗП 712451.006				М-110сп.10.14.1.000001					
А	Цех	Діл	РМ	Опер.	Код, найменування операції		Позначення документа									
Б	Код, найменування цистаткування					СМ	Проф.	Р	УП	КП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тл.з.	Тшт
А 01	9	12	065	0200 Контрольна							ЮП №0009					
Б 02	XXXXXXX Контрольний стіл					3	13063	5	1	1	1	1	60	1		
03																
А 04																
Б 05																
06																
А 07																
Б 08																
09																
А 10																
Б 11																
12																
А 13																
Б 14																
15																
А 16																
Б 17																
18																
19																
МК																

ГОСТ 3.1404-86 форма 3									
Дубл.									
Взам.									
Підл.									
				НУЗП 02.1.41.23.006		2	1		
Розроб.	Карамушка			НУЗП	НУЗП712451.006	М-110сп60.1.41.00010			
Перевір.	Гончар Н.В.								
Н.контр.	Дядя С.І.			Фланець передній соплового апарата		Цех	Уч.	РМ	010
Найменування операції		Матеріал		Твердість	ОВ	МД	Профіль та розміри		МЗ
Токарна з ЧПК		Титановий сплав ВТ-20		255 НВ	1	2,8	D = 438; L = 55		12,99
Обладнання, пристрій з ЧПК		Позначення програми		То	Тв	Тпз.	Тшт.	ЗОР	
381021 Токарний з ЧПК моделі LU-35 II				2,04	2,16	25	4,452	1,5% УКРИНОЛ-1	
Р		ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V
01									
02	1. Встановити і закріпити. $t_{уст/зн} = 0,185$								
03	ПР: Патрон 7100-0017 ГОСТ 2675-80								
04									
05	2. Підрізати торці 1, 3 по програмі								
06	ВІ: Блок інструментальний								
07	РІ: Різець 2112-0033 ГОСТ 18871-73								
08	01	406,4	57,3	2,3	1	1,1	20	25,52	
09									
10	3. Точити поверхні 2, 4 по програмі								
11	ВІ: Блок інструментальний								
12	РІ: Різець 2101-0567 ГОСТ 18870-73								
13	01	439,3	5,15	2,4	1	1,1	20	27,58	
OK		Операційна карта							

										ГОСТ 3.1404-86 форма 2а											
Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
										2											
										НУЗП712451.006 М-110сп60.1.41.00010 010											
Р											П	Д или В									
01																					
02	4. Перевірити поверхні 1,4 згідно норм контролю																				
03	ЗВ: Штангенциркуль ШЦ-II-250-630-0,1-1 ГОСТ 166-2009																				
04																					
05	5. Зняти деталь та покласти у тару																				
06																					
07																					
08																					
09																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
ОК		Операційна карта																			



ГОСТ 3.1404-86 форма 3										
Дубл.										
Взам.										
Підл.										
				НУЗП 02.1.41.23.006		2	1			
Розроб.	Карамушка			НУЗП	НУЗП712451.006	М-110сп60.1.41.00035				
Перевір.	Гончар Н.В.									
Н.контр.	Дядя С.І.			Фланець передній соплового апарата		Цех	Уч.	РМ	035	
Найменування операції		Матеріал		Твердість	ОВ	МД	Профіль та розміри		МЗ	
Фрезерно-свердильна з ЧПК		Титановий сплав BT-20		255 НВ	1	2,8	D = 438; L = 55		12,99	
Обладнання, пристрій з ЧПК		Позначення програми		То	Тв	Тпз.	Тшт.	ЗОР		
381024 Фрезерно-свердильний з ЧПК моделі Haas VF4				2,39	1,46	17	4,08	1,5% УКРИНОЛ-1		
Р		ПИ		D или B	L	t	i	S	n	
01										
02	1. Встановити і закріпити. $t_{уст/зн}=0,185$									
03	ПР: Пристосування спеціальне									
04										
05	2. Фрезерувати 21 вибірку 1 та 21 уступ 3 по програмі									
06	ВІ: Блок інструментальний									
07	РІ: Фреза кінцева спеціальна $\phi 25,5$ Р6М5									
08	01	438	11,1	3	0,12	150	12,01			
09										
10	3. Свердлити 21 пару отворів 2 по програмі									
11	ВІ: Блок інструментальний									
12	РІ: Свердло 2300-8095 ГОСТ 10902-77									
13	02	1,4	0,75	1	0,1	215	1,01			
ОК		Операційна карта								

										ГОСТ 3.1404-86 форма 2а											
Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
															НУЗП 02.1.41.23.006		2				
															НУЗП712451.006		М-110сп60141.00035	035			
Р											П	И	Д	или	В	L	t	i	S	n	V
01																					
02	4. Перевірити поверхні 1, 2, 3 згідно норм контролю																				
03	ЗВ: Калібр-пробка 8133-0608 Н13 ГОСТ 14807-69																				
04	Штангенглибиномір ШГЦ-200-0,01 ГОСТ 162-2009																				
05																					
06	5. Зняти деталь та покласти у тару																				
07																					
08																					
09																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
OK		Операційна карта																			