

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний факультет

(повне найменування факультету)

Кафедра «Технологія машинобудування»

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

перший (бакалаврський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Розробка технологічного процесу виготовлення проставки»

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

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

КОБА А.Ю.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ПУХАЛЬСЬКА Г.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ФРОЛОВ М.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Сергій ДЯДЯ

« _____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

КОБА Антон Юрійович

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка технологічного процесу виготовлення проставки

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «25» квітня 2025 року №199

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 14 червня 2025 р.

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

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

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

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання 01 березня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	20.05.2025	
2	Конструкторська частина	27.05.2025	
3	Розробка планування ділянки	29.05.2025	
4	Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки	03.06.2025	
5	Оформлення пояснювальної записки, креслень, технологічних карт	05.06.2025	
6	Нормоконтроль і рецензія	07.06.2025	
7	Захист дипломного проєкту	17.06.2025	

Студент

_____ Антон КОБА
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

_____ Гульнара ПУХАЛЬСЬКА
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 84 с., 19 рис., 24 табл., 2 додатки, 12 джерел.

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

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення проставки.

Мета роботи – розробити технологічний процес виготовлення проставки.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

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

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	7
ВСТУП.....	8
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.....	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	10
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	10
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі.....	14
1.4.1 Вибір технологічних баз.....	14
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	14
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	17
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	20
1.6 Розрахунок режимів різання та норм часу.....	23
1.6.1 Операція 045 – токарна	23
1.6.2 Операція 060 – свердлильна	27
1.6.3 Операція 050 – фрезерна	30
1.7 Розробка керуючої програми на токарну операцію з ЧПК №045	34
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	38
2.1 Проектування пристосування для свердління.....	38
2.1.1 Конструкція та принцип роботи.....	38
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.....	38
2.1.3 Розрахунок необхідного сили затиску. Вибір приводу.....	40
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	42
2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування.....	42
2.3 Розрахунок деталі на міцність	43
3 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ.....	46

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ.....	49
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	62
5.1 Охорона праці при роботі на металорізальних верстатах	62
ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	66
Додаток А. Специфікація робочого пристосування.....	68
Додаток Б. Технологічні карти.....	70

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ЗОТС – змащувально-охолоджувальне технологічне середовище

КВМ – коефіцієнт використання матеріалу

КГШП – кривошипний горячештамповочний прес

ККД – коефіцієнт корисної дії

КП – керуюча програма

МВД – маршрут виготовлення деталі

МОП – маршрут обробки поверхні

ПШТЯ – послідовність показників точності та якості

ТО – термічна обробка

ТП – технологічний процес

ЧПК – числове програмне керування

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку машинобудування особливої актуальності набуває питання удосконалення технологічних процесів, спрямованих на підвищення продуктивності, якості та економічної ефективності виготовлення деталей. Важливою складовою цього процесу є впровадження високотехнологічного обладнання, зокрема верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), що дозволяють автоматизувати виробництво, зменшити витрати часу та знизити трудомісткість обробки.

У даному дипломному проєкті розроблено технологічний процес виготовлення проставки – деталі, що використовується як елемент з'єднання або дистанційний елемент у вузлах машинобудівної продукції. Проєктом передбачено повний цикл технологічної підготовки виробництва цієї деталі.

У процесі роботи було виконано розрахунок економічного ефекту від впровадження верстатів з ЧПК, що дозволяє обґрунтувати доцільність модернізації виробництва. Також розраховано режими різання, встановлено норми часу на виконання технологічних операцій, розроблено керуючу програму на одну з операцій обробки проставки на верстаті з ЧПК.

З метою забезпечення високої точності та ефективності виготовлення деталі спроектовано робоче пристосування та запропоновано конструкцію контрольного пристосування для оперативної перевірки геометричних параметрів проставки.

Особливий розділ присвячено заходам з охорони праці та безпечної роботи персоналу, що є обов'язковою складовою при впровадженні будь-яких технічних рішень у виробничий процес.

Таким чином, розроблений дипломний проєкт має комплексний характер та спрямований на підвищення ефективності виробництва проставок з урахуванням сучасних вимог до технологій, організації праці та безпеки.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Проставка 7 ступені (рис. 1.1) є тонкостінною деталлю зі складним профілем, що забезпечує її оптимальне поєднання міцності та малої ваги. Виготовляється з титанового сплаву ВТ8-1 (таблиця 1.1), який має малу щільність, високу міцність і здатність витримувати значні навантаження та екстремальні температури без втрати експлуатаційних характеристик.

Проставка є однією з ключових деталей камери високого тиску, встановлюючись між шостою і сьомою ступенями. Основне функціональне призначення проставки – це надійне скріплення елементів конструкції та передача крутного моменту від диска шостої ступені на диск сьомої ступені. Завдяки використанню жароміцного матеріалу і точної геометрії, проставка забезпечує стабільну роботу компресорного вузла в умовах високих навантажень і температур.

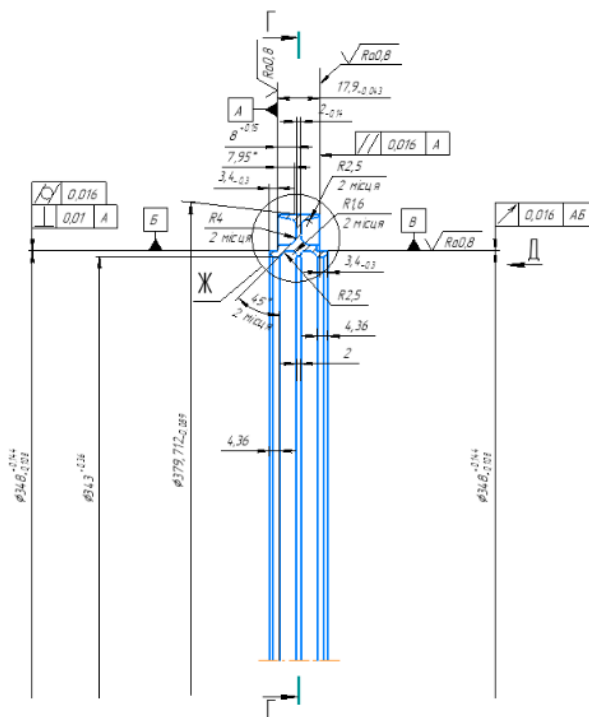


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі

Таблиця 1.1 – Хімічний склад ВТ8-1, % [1]

Fe	C	Si	Mo	N	Ti, основа	Al	Zr	O
до 0,2	до 0,08	0,1... 0,25	2,8... 3,8	до 0,03	85,37...90,1	5,8...6,8	0,5... 1,5	до 0,15

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Попередньо тип виробництва призначаємо згідно програми випуску 5000 штук та маси деталі 0,73 кг як серійний [2, 3]. Для обробки деталі «Проставка» призначаємо змінно-потоківу форму організації робіт.

Кількість партії оброблюваних деталей:

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

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

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

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

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

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Для деталі «Проставка» обираємо наступні методи отримання заготовки:

- штампування на кривошипному горячештамповочному пресі (КГШП);
- штампування на молоті.

Маса заготовки визначається за допомогою програмного забезпечення NX. Моделі заготовок та деталі наведено на рис. 1.2-1.4. Припуски на всі поверхні приймаються в залежності від їх маси згідно [4].

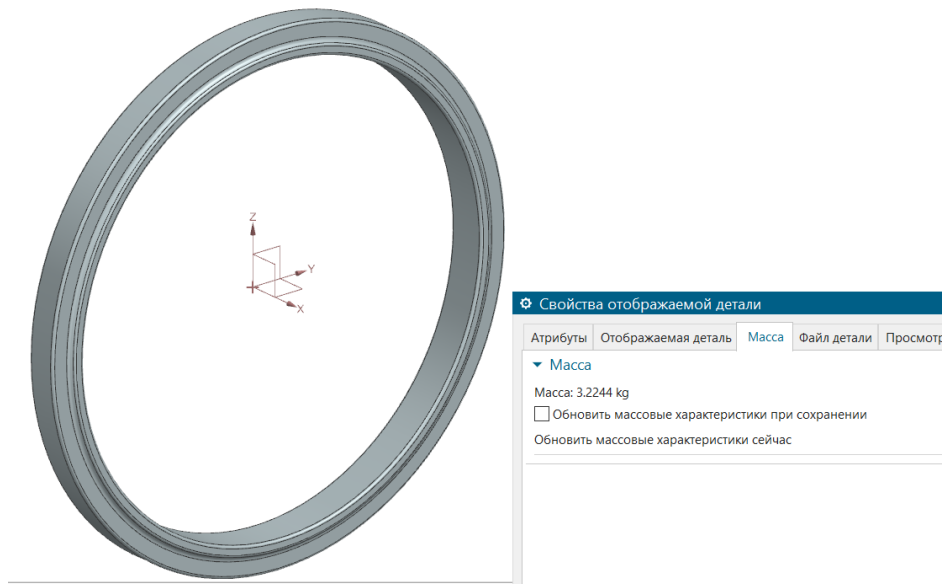


Рисунок 1.2 – Модель заготовки, що отримується штампуванням на КГШП

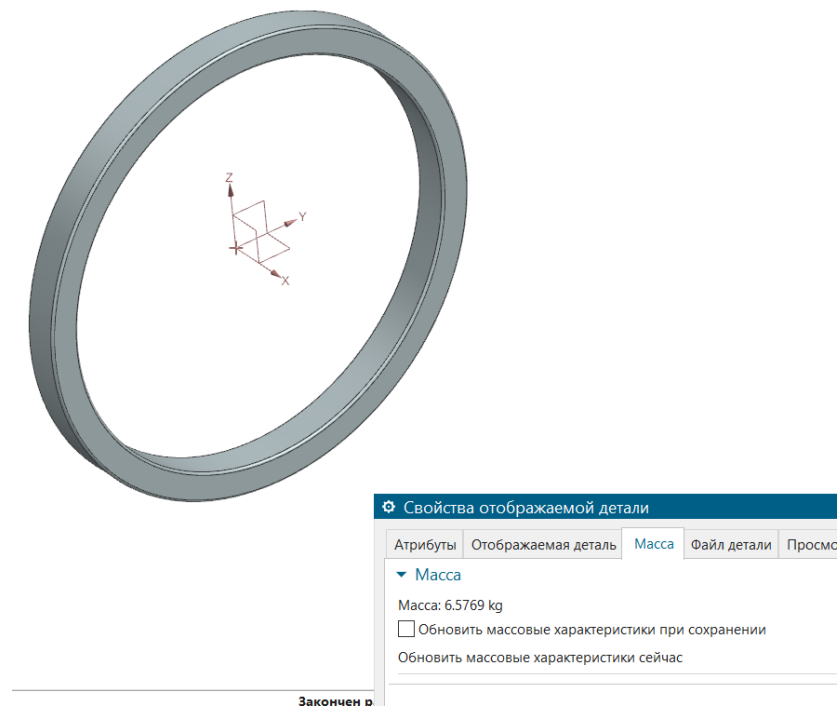


Рисунок 1.3 – Модель заготовки, що отримується штампуванням на молоті

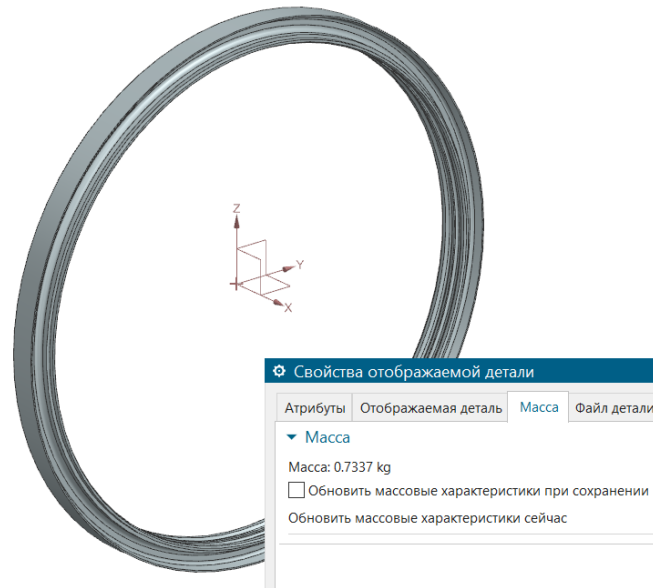


Рисунок 1.4 – Модель деталі

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

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

де Q – вага заготовки, кг;

q – вага деталі, кг;

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

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

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

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

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

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

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

$$V_{\text{кгШП}} = \frac{5000}{1000} \cdot 3,22 \cdot 1,05 \cdot 1,8 \cdot 0,89 \cdot 0,9 \cdot 1 - (3,22 - 0,73) \cdot \frac{2000}{1000} = 16,7 \text{ грн}$$

$$V_M = \frac{7000}{1000} \cdot 6,57 \cdot 1,05 \cdot 1,8 \cdot 0,89 \cdot 0,9 \cdot 1 - (6,57 - 0,73) \cdot \frac{2000}{1000} = 57,9 \text{ грн}$$

Показники методів отримання заготовки заносяться в таблицю 1.2.

Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) розраховується за формулою:

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

$$\eta_{\text{КГШП}} = \frac{0,73}{3,22} = 0,22$$

$$\eta_{\text{М}} = \frac{0,73}{6,57} = 0,11$$

Річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок:

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

$$E_B = (57,9 - 16,7) \cdot 5000 = 206000 \text{ грн}$$

Таблиця 1.2 – Результати розрахунків заготовок

Показник	Позначення	Одиниці виміру	Варіант заготовки	
			КГШП	М
Вага заготовки	Q	кг	3,22	6,57
Базова вартість 1 т заготовки	B _Б	грн	5000	7000
Коефіцієнти	K _Т		1,05	1,05
	K _М		1,8	1,8
	K _С		0,89	0,89
	K _З		0,9	0,9
	K _П		1	1
Вартість 1 т стружки	B _{відх}	грн	2000	2000
Собівартість заготовки	B _з	грн	16,7	57,9
КВМ	η		0,22	0,11

Заощадження на металі при виготовленні заготовки штампуванням на КГШП:

$$M_e = \frac{q(\eta_{\text{КГШП}} - \eta_M)}{\eta_{\text{КГШП}} \cdot \eta_M} \cdot N \quad (1.5)$$

$$M_e = \frac{0,73 \cdot (0,22 - 0,11)}{0,22 \cdot 0,11} \cdot 5000 = 16590,9 \text{ кг}$$

Так як отримане значення $V_{\text{КГШП}} < V_M$, і $\eta_{\text{КГШП}} > \eta_M$, тому обираємо методом отримання заготовки – штампування на КГШП.

1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

1.4.1 Вибір технологічних баз

Для токарної обробки в якості баз приймаємо зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 379$, отвір $\varnothing 343$ та крайній торець. При фрезеруванні та свердлінні в якості баз обираємо: отвір $\varnothing 343$ мм та крайній торець.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Складаємо маршрут обробки поверхонь (МОП), який складається з послідовності переходів обробки. Виділяють загальне уточнення та уточнення, що стосується окремих переходів. Загальне уточнення розраховується за формулами:

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

де Td_3 – допуск на розмір заготовки, мкм;

Td_d – допуск на розмір деталі, мкм;

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

де Ra_3 – параметр шорсткості заготовки, мкм;

Ra_d – параметр шорсткості деталі, мкм;

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

Δ_3 – похибка форми заготовки, мкм;

Δ_d – похибка форми деталі, мкм.

Для поверхні – $\varnothing 348_{+0,108}^{+0,144}$:

$$\varepsilon_d = \frac{3,5}{0,036} = 97,2$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{50}{0,8} = 62,5$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{0,8}{0,016} = 50$$

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

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

$$k = 2 \cdot \lg 97,2 = 3,96$$

Приймаємо $k=4$ переходи: $IT=IT17-r6=11=5+3+2+2$.

Послідовність показників точності та якості (ППТЯ):

1) для допуску – $IT16 \rightarrow h13 \rightarrow h10 \rightarrow h8 \rightarrow r6$;

2) для шорсткості – $Ra50 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra1,6 \rightarrow Ra0,8$.

Точіння чорнове: $T_{D1}=570$ мкм; $T_{Ra1}=6,3$ мкм [4].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d1} = \frac{3500}{570} = 6,1$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{50}{6,3} = 7,9$$

Точіння получистове: $T_{D2}=230$ мкм; $T_{Ra2}=3,2$ мкм [4].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{570}{230} = 2,5$$

$$\varepsilon_{Ra2} = \frac{6,3}{3,2} = 2$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 6,1 \cdot 2,5 = 15,2 < \varepsilon_d = 97,2$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 7,9 \cdot 2 = 15,8 < \varepsilon_{Ra} = 62,5$$

Точіння чистове: $T_{D4}=89$ мкм; $T_{Ra4}=2,5$ мкм [4].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d4} = \frac{230}{89} = 2,5$$

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

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 15,2 \cdot 2,5 = 38 < \varepsilon_d = 97,2$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 15,8 \cdot 2 = 31,6 < \varepsilon_{Ra} = 62,5$$

Точіння тонке: $T_{D5}=36$ мкм; $T_{Ra5}=1,25$ мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d5} = \frac{89}{36} = 2,5$$

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

Перевірка:

$$\begin{aligned} \prod \varepsilon_{di} &= 38 \cdot 2,5 = 95 < \varepsilon_d = 97,2 \\ \prod \varepsilon_{Ra} &= 31,6 \cdot 2 = 62,2 < \varepsilon_{Ra} = 62,5 \end{aligned}$$

Розрахунок МОП інших поверхонь занесено до таблиці 1.3.

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Розробимо маршрут виготовлення деталі (МВД) «Проставка». При цьому перевагу в МВД надаємо воєкористанню верстатів з ЧПК:

I етап – отримання заготовки,

II термічна обробка (ТО);

III етап – механічна обробка:

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

IV етап – мийка, контроль;

V етап – мийка, контроль, балансування.

Таблиця 1.3 – Маршрут обробки поверхонь деталі

Характер поверхні	Показники	Уточнення	Кількість переходів		Різниця показників ППТЯ	МОП		Параметр по переходам		Уточнення	
			розр	прийн		i	Метод обробки	допуск розміру	шорсткість	розміру	шорсткості
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 348^{+0,144}_{+0,108}$ Ra0,8	Td Ra	97,2 62,5	3,98	4	$\Delta IT = IT17 - r6 = 11$ IT17 \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow h8 \rightarrow r6 Ra50 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra1,6 \rightarrow Ra0,8	1	Заготовка-штамповка	3500	50	-	-
						2	Термічна обробка	-	-	-	-
						3	Точіння чорнове	570	6,3	6,1	7,9
						4	Точіння получистове	230	3,2	2,5	2
						5	Точіння чистове	89	1,6	2,5	2
						6	Точіння тонке	36	0,8	2,5	2
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 343^{+0,36}$ Ra=1,6	Td Ra	9,7 31,2	2,98	3	$\Delta IT = IT17 - H11 = 16$ IT17 \rightarrow H13 \rightarrow H12 \rightarrow H11 Ra50 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra1,6	1	Заготовка-штамповка	3500	50	-	-
						2	Термічна обробка	-	-	-	-
						3	Точіння чорнове	890	6,3	3,9	7,9
						4	Точіння получистове	570	3,2	1,5	2
						5	Точіння чистове	360	1,6	1,5	2

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Торцюва поверхня 17,9 _(-0,043) Ra0,8	Td	55,8	3,4	3	$\Delta IT = IT17 - H11 = 16$ IT17 \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow h9	1	Заготовка-штампівка	2400	50	-	-
						2	Термічна обробка	-	-	-	-
	Ra	31,2			Ra50 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra1,6	3	Точіння чорнове	180	6,3	13,3	7,9
						4	Точіння получистове	70	3,2	2,6	2
						5	Точіння чистове	43	1,6	1,6	2
Внутрішня циліндрична поверхня Ø353 _{-0,36} Ra=1,6	Td	9,7	2,98	3	$\Delta IT = IT17 - h11 = 16$ IT17 \rightarrow h13 \rightarrow h12 \rightarrow h11	1	Заготовка-штампівка	3500	50	-	-
						2	Термічна обробка	-	-	-	-
	Ra	31,2			Ra50 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra1,6	3	Точіння чорнове	890	6,3	3,9	7,9
						4	Точіння получистове	570	3,2	1,5	2
						5	Точіння чистове	360	1,6	1,5	2

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Для зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 348_{+0,108}^{+0,144}$ розрахуємо припуски розрахунково-аналітичним методом. Шорсткість поверхні та глибина дефектного шару згідно [6]:

- 1) для заготовки значення: $Rz_1 = 200$ мкм та $h_1 = 200$ мкм [4];
- 2) для чорнового точіння: $Rz_2 = 50$ мкм та $h_2 = 50$ мкм [4];
- 3) для получистового точіння: $Rz_3 = 25$ мкм та $h_3 = 25$ мкм [4];
- 4) для чистового точіння: $Rz_5 = 10$ мкм та $h_5 = 20$ мкм [4];
- 5) для точіння тонке: $Rz_5 = 5$ мкм та $h_5 = 15$ мкм [4];

Просторові відхилення заготовки розраховують за формулою:

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

де $\rho_{\text{кор}}$ – похибка від перекосу, $\rho_{\text{кор}} = 0,7$ мм [4];

$\rho_{\text{екс}}$ – перекіс центрального отвору, $\rho_{\text{екс}} = 1,5$ мм [4].

$$\rho_1 = \sqrt{0,7^2 + 1,5^2} = 1,65 \text{ мм}$$

Просторові похибки для механічних переходів розраховуються за формулою:

$$\rho_j = K_{\text{ут}} \cdot \rho_i, \text{ мм} \quad (1.12)$$

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

$$\rho_2 = 0,06 \cdot 1650 = 99 \text{ мкм}$$

$$\rho_3 = 0,04 \cdot 99 = 4 \text{ мкм}$$

$$\rho_4 = 0,03 \cdot 4 = 0,1 \text{ мкм}$$

$$\rho_5 = 0,02 \cdot 0,1 = 0 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_i = K_{yT} \cdot \varepsilon_{i-1} \quad (1.13)$$

де ε_2 – похибка закріплення на першій операції, $\varepsilon_2=0,5$ мм [4].

$$\varepsilon_3 = 0,04 \cdot 500 = 20 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_4 = 0,03 \cdot 20 = 0,6 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_5 = 0,02 \cdot 0,6 = 0 \text{ мкм}$$

Мінімальні припуски для переходів механічної обробки:

$$2z_i^{\min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (1.14)$$

$$2z_2^{\min} = 2(200 + 200 + \sqrt{1650^2 + 500^2}) = 4248 \text{ мкм}$$

$$2z_3^{\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{99^2 + 20^2}) = 402 \text{ мкм}$$

$$2z_5^{\min} = 2(25 + 25 + \sqrt{4^2 + 0,6^2}) = 108 \text{ мкм}$$

$$2z_5^{\min} = 2(10 + 20 + \sqrt{0,1^2 + 0^2}) = 60 \text{ мкм}$$

Максимальний розмір поверхні деталі розраховується за формулою:

$$d_5^{\max} = d_5^{\min} + ES_{d5} \quad (1.15)$$

$$d_5^{\max} = 348 + 0,144 = 348,144 \text{ мм}$$

Максимальні розміри для механічних переходів розраховується за формулою:

$$d_i^{\max} = d_{i+1}^{\max} + 2z_{i+1}^{\min} + Td_i \quad (1.16)$$

$$d_4^{\max} = 348,144 + 0,089 + 0,06 = 348,293 \text{ мкм}$$

$$d_3^{\max} = 348,293 + 0,23 + 0,108 = 348,631 \text{ мкм}$$

$$d_2^{\max} = 348,631 + 0,57 + 0,402 = 349,603 \text{ мкм}$$

$$d_1^{\max} = 349,603 + 3,5 + 4,248 = 357,351 \rightarrow 357,3 \text{ мкм}$$

Мінімальні розміри поверхні розраховуються за формулою:

$$d_i^{\min} = d_i^{\max} - Td_i \quad (1.17)$$

$$d_5^{\min} = 348,144 - 0,036 = 348,108 \text{ мм}$$

$$d_4^{\min} = 348,293 - 0,089 = 348,204 \text{ мм}$$

$$d_3^{\min} = 348,631 - 0,23 = 348,401 \text{ мм}$$

$$d_2^{\min} = 349,603 - 0,57 = 349,033 \text{ мм}$$

$$d_1^{\min} = 357,3 - 3,5 = 353,8 \text{ мм}$$

Граничні значення припусків по переходам механічної обробки розраховуються за формулою:

$$2z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\min} \quad (1.18)$$

$$2z_2^{\max} = 357,3 - 349,033 = 8,267 \text{ мм}$$

$$2z_3^{\max} = 349,603 - 348,401 = 1,202 \text{ мм}$$

$$2z_4^{\max} = 348,631 - 348,204 = 0,427 \text{ мм}$$

$$2z_5^{\max} = 348,293 - 348,108 = 0,185 \text{ мм}$$

Перевірка правильності розрахунків виконується за формулами:

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = TD_{\text{заг}} + TD_{\text{дет}} \quad (1.19)$$

$$2z_0^{\max} = d_1^{\max} - d_6^{\min} \quad (1.20)$$

$$2z_0^{\min} = d_1^{\min} - d_6^{\max} \quad (1.21)$$

$$2z_0^{\max} = 357,3 - 348,108 = 9,192 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\min} = 353,8 - 348,144 = 5,656 \text{ мм}$$

$$TD_0 = 3,5 - 0,036 = 3,536 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = 9,192 - 5,656 = 3,536 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір заготовки – $\varnothing 354,8_{-1,0}^{+2,5}$ мм.

Розрахунок припусків та технологічних розмірів наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Припуски та міжопераційні розміри

Характеристика поверхонь	МОП		Допуск Td, мм	Граничні значення розмірів		Граничні значення припуски		Виконавчий розмір
	IT	Метод обробки		d_i^{\max} , мм	d_i^{\min} , мм	$2z_i^{\max}$	$2z_i^{\min}$	
$\varnothing 348_{+0,108}^{+0,144}$ Ra=0,8 $\uparrow=0,016$	17	Заготовка	3,5	357,3	353,8	-	-	$\varnothing 354,8_{-1,0}^{+2,5}$
	-	ТО	-	-	-	-	-	-
	12	Точін. чорн.	0,57	349,603	349,033	8267	4248	$\varnothing 118,88_{-0,35}$
	10	Точін. полумч.	0,23	348,631	348,401	1202	402	$\varnothing 118,32_{-0,14}$
	8	Точін. чист.	0,089	348,293	348,204	427	108	$\varnothing 118,1_{-0,054}$
	6	Точін. тонке	0,036	348,144	348,108	185	60	$\varnothing 348_{+0,108}^{+0,144}$
9,192-5,656=3,5+0,036				3,536=3,536		9,192	5,656	

1.6 Розрахунок режимів різання та норм часу

1.6.1 Операція 045 - токарна

Чистове розточування отвору проводимо на токарному верстаті з числовим програмним керуванням (ЧПК) моделі LEADWELL LTC-25iM (рис. 1.5). В якості різального інструменту обираємо різець токарний розточувальний спеціальний з ВК8.

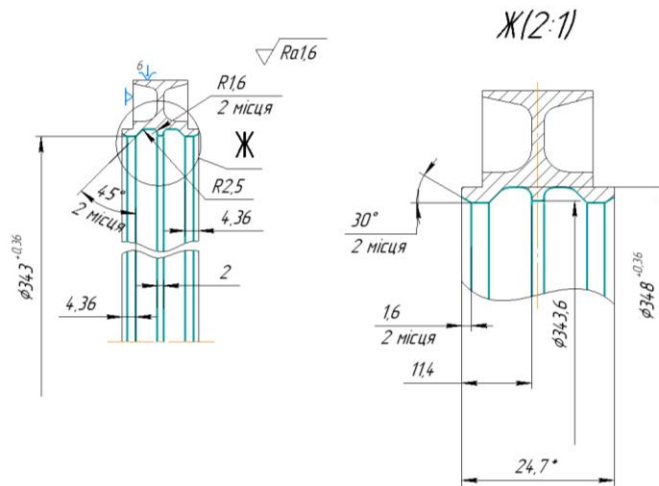


Рисунок 1.5 – Операційний ескіз деталі

Технічні характеристики верстата HAAS ST10:

- 1) Кількість позицій інструменту – 12;
- 2) Максимальна довжина точіння – 745 мм;
- 3) Максимальна швидкість обертання шпинделя – 3500 об/хв;
- 4) Максимальний діаметр точіння – 430 мм;
- 5) Переміщення по осі X – 225 мм;
- 6) Переміщення по осі Z – 790 мм;
- 7) Потужність головного двигуна шпинделя – 15 кВт;
- 8) Швидкість прискореного переміщення по осі X – 15 м/хв;
- 9) Швидкість прискореного переміщення по осі Z – 20 м/хв.

Подача:

$$S = S^{табл} \cdot K_{Sn} \cdot K_{Si} \cdot K_{S3} \cdot K_{Sф} \cdot K_{Sж} \cdot K_{SM} \quad (1.22)$$

де $S_{табл}$ – табличне значення подачі, $S_{табл} = 0,041$ мм/об [7];

K_{Sn} – коефіцієнт, враховуючий стан поверхні, $K_{Sn} = 0,8$ [7];

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

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

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

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

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

$$S_p = 0,041 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1 = 0,13 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S=0,1$ мм/об.

Розраховуємо швидкість головного руху різання:

$$V_p = V_T \cdot K_{VM} \cdot K_{VI} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{VT} \cdot K_{VЖ} \cdot K_{VP} \cdot K_{VO} \quad (1.23)$$

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

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

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

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

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

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

$$V_p = 31,8 \cdot 0,86 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1 = 23,6 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \quad (1.24)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 23,6}{3,14 \cdot 348} = 21,6 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по верстату: $n=20$ об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (1.25)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 348 \cdot 20}{1000} = 21 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо основний машинний час:

$$t_o = \frac{(l+l_{вр}+l_{пер}) \cdot i}{s \cdot n}, \text{ хв} \quad (1.26)$$

де l – довжина різання, мм;

$l_{пер}$ – величина перебігу, мм;

$l_{вр}$ – величина врзання, мм;

i – кількість проходів.

$$t_o = \frac{24,7 + 2 + 2}{20 \cdot 0,1} \cdot 2 = 28,7 \text{ хв}$$

Допоміжний час:

$$t_{доп} = t_{в.у} + t_{м.в} \quad (1.27)$$

де $t_{в.у}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{в.у}=0,6$ хв [8];

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

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

Оперативний час:

$$t_{оп} = t_o + t_{доп} \quad (1.28)$$

$$t_{оп} = 28,7 + 1 = 29,7 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час:

$$t_{шт} = t_{оп} + \frac{(\alpha_{обсл} + \alpha_{отд}) \cdot t_{оп}}{100} \quad (1.29)$$

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

$$t_{шт} = 29,7 + \frac{8 \cdot 29,7}{100} = 32,07 \text{ хв}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n} \quad (1.30)$$

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

$$t_{\text{шт-к}} = 32,07 + \frac{25}{60} = 32,48 \text{ хв}$$

1.6.2 Операція 060 – свердлильна

Для свердління отвору обираємо фрезерний верстат з ЧПК моделі LEADWELL MCV-1300i. Для свердління отвору обираємо свердло спіральне, діаметром 2 мм з ВК8 ГОСТ 17277-71 (рис. 1.6).

Технічні характеристики верстата:

- 1) Відстань від поверхні стола до торця шпинделя – 160...770 мм;
- 2) Кількість позицій інструменту – 24;
- 3) Переміщення по осі X – 1300 мм;
- 4) Переміщення по осі Y – 635 мм;
- 5) Переміщення по осі Z – 610 мм;
- 6) Потужність двигуна шпинделя, максимальна – 15 кВт;
- 7) Прискорене переміщення по осі X – 24 м/хв;
- 8) Прискорене переміщення по осі Y – 24 м/хв;
- 9) Прискорене переміщення по осі Z – 20 м/хв;
- 10) Швидкість обертання шпинделя – 4000 об/хв.

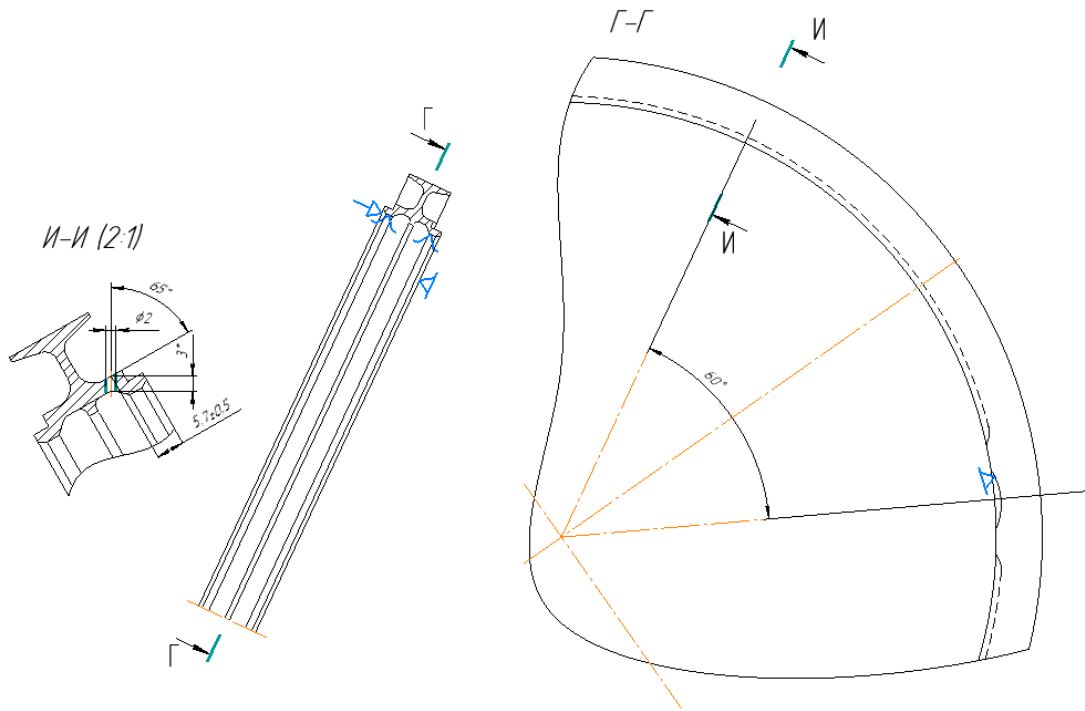


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз

Глибина різання t , мм розраховується за формулою:

$$t = \frac{D_{\text{св}}}{2} \quad (1.31)$$

$$t = \frac{2}{2} = 1 \text{ мм}$$

Подача розраховується за формулою (1.22):

де S_T – табличне значення подачі, $S_T = 0,15$ мм/об [7];

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

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

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

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

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

Розраховуємо швидкість різання (1.23):

де V_T – табличне значення швидкості різання, $V_T = 25,7$ м/хв [7];

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

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

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

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

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

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

$$V = 25,7 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 11,5 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.24):

$$n = \frac{1000 \cdot 11,5}{3,14 \cdot 2} = 1831 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата: $n_d = 400$ об/хв.

Дійсну швидкість різання розраховуємо за формулою (1.25):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 2 \cdot 400}{1000} = 2,5 \text{ м/хв}$$

Визначення машинного часу:

$$t_o = \frac{l+l_2+l_1}{nS} \cdot n, \text{ хв} \quad (1.32)$$

де l – довжина свердління, мм;

l_2 – величина перебігу, мм;

l_1 – величина врізання, мм;

n – кількість отворів.

$$l_1 = \frac{D_{св}}{2tg60}, \text{ мм} \quad (1.33)$$

$$l_1 = \frac{2}{2tg60} = 0,6 \text{ мм};$$

$$t_o = \frac{3+2+0,6}{0,05 \cdot 400} \cdot 1 = 0,28 \text{ хв.}$$

Допоміжний час за формулою (1.27):

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

$t_{м.в}$ – час допоміжних ходів верстата, $t_{м.в}=0,2$ хв [8].

$$t_{доп} = 0,5+0,2=0,7 \text{ хв;}$$

Оперативний час за формулою (1.28):

$$t_{оп} = 0,28+0,7=0,98 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час за формулою (1.29):

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

$$t_{шт} = 0,98 + \frac{8 \cdot 0,98}{100} = 1,06 \text{ хв}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою (1.30):

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

$$t_{шт-к} = 1,06 + \frac{18}{60}=1,36 \text{ хв}$$

1.6.3 Операція 050 – фрезерна

Для операції фрезерування чотирьох пазів вибираємо верстат фрезерний з ЧПК моделі LEADWELL MCV-1300i. В якості інструменту обираємо кінцеву фрезу, діаметром $D = 10$ мм з числом зубів $z = 4$ з ВК8 ГОСТ 18372-73 (рис. 1.7).

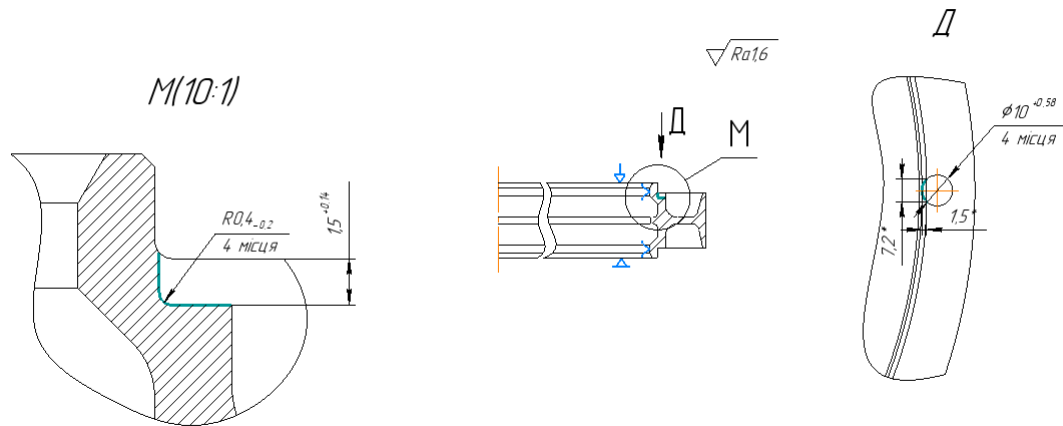


Рисунок 1.7 – Ескіз для фрезерної операції

Глибина різання: $t = 7,2$ мм.

Подача згідно формул (1.22):

де $S_{\text{зтабл}}$ – табличне значення подачі, $S_{\text{зтабл}} = 0,022$ мм/зуб [6].

$K_{S\pi}$ – коефіцієнт, що враховує вид оброблюваної поверхні, $K_{S\pi} = 1,0$ [6];

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

$K_{S\phi}$ – коефіцієнт, враховує форму оброблюваної поверхні, $K_{S\phi} = 1,0$ [6];

$$S_p = 0,022 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,022 \text{ мм/зуб}$$

Розраховуємо швидкість різання по формулі (1.23):

де $V_{\text{табл}}$ – табличне значення швидкості, $V_{\text{табл}} = 35$ м/хв [6].

K_{VM} – коефіцієнт оброблюваності матеріалу, $K_{VM} = 1,0$ [6];

K_{VII} – коефіцієнт, враховує властивості матеріалу різальної частини інструменту, $K_{VII} = 1,0$ [6];

$K_{V\phi}$ – коефіцієнт, враховує вид обробки, $K_{V\phi} = 1,0$ [6];

K_{VT} – коефіцієнт, враховує жорсткість деталі, $K_{VT} = 0,57$ [6];

$K_{VЖ}$ – коефіцієнт, враховує стан поверхні заготовки, $K_{VЖ} = 1,13$ [6];

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

$$V_p = 35 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,57 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,13 \cdot 1 = 22,5 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.24):

$$n = \frac{1000 \cdot 22,5}{3,14 \cdot 10} = 716 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортом верстату: $n=700$ об/хв.

Дійсна швидкість різання за формулою (1.25):

$$V_\partial = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 700}{10000} = 22 \text{ м/хв}$$

Визначення хвилинної подачі інструменту.

$$S_M = S_Z \cdot n \cdot z: \quad (1.34)$$

$$S_M = 0,022 \cdot 700 \cdot 4 = 61,6 \text{ мм/хв}$$

Вибираємо значення: $S_M = 60$ мм/хв

Визначення машинного часу:

$$t_o = \frac{t+l_1}{S_M} + \frac{l}{S_M} \cdot i; \quad (1.35)$$

де l – довжина фрезерування, $l=1,5$ мм;

l_1 – величина врізання;

i – число проходів, $i=4$;

$$l_1 = 0,5D \sin(\arccos(1 - \frac{2t}{D})) \quad (1.39)$$

$$l_1 = 0,5 \cdot 10 \cdot \sin(\arccos(1 - \frac{2 \cdot 7,2}{10})) = 4,6 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{4,6 + 1,5}{60} \cdot 4 = 0,4 \text{ хв}$$

Допоміжний час за формулою (1.27):

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

$t_{м.в}$ – час допоміжних ходів верстата, $t_{м.в}=0,2$ хв [8].

$$t_{доп} = 0,5 + 0,2 = 0,7 \text{ хв};$$

Оперативний час за формулою (1.28):

$$t_{оп} = 0,4 + 0,7 = 1,1 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час за формулою (1.29):

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

$$t_{шт} = 1,1 + \frac{8 \cdot 1,1}{100} = 1,19 \text{ хв}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою (1.30):

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

$$t_{шт-к} = 1,19 + \frac{18}{60} = 1,49 \text{ хв}$$

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

Таблиця 1.5 – Результати розрахунку режимів різання

Номер та назва операції	Номер переходу	Режими різання				
		глибина різання t , мм	кількість проходів i	подача S , мм/об	швидкість різання V , м/хв	частота обертів шпинделя n , об/хв
1	2	3	4	5	6	7
015 Токарна з ЧПК	01	1	2	0,2	23	30
	02	1	2	0,2	22	30
020 Токарна з ЧПК	01	1	2	0,2	20	20
025 Токарна з ЧПК	01	0,5	2	0,1	20	50
	02	0,5	2	0,1	22	30

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7
	03	0,5	2	0,1	20	30
030 Токарна з ЧПК	01	0,5	2	0,1	22	25
	02	0,5	2	0,1	22	20
	03	0,5	2	0,1	22	20
035 Токарна з ЧПК	01	0,5	2	0,1	23	20
	02	0,5	2	0,1	20	20
	03	0,5	2	0,1	18	25
040 Токарна з ЧПК	01	0,3	2	0,05	25	20
	02	0,3	2	0,05	25	20
045 Токарна з ЧПК	01	0,3	2	0,1	21	20
050 Фрезерна	01	7,2	4	60 мм/хв	22	700
055 Фрезерна	01	2	1	50 мм/хв	17	500
060 Свердлильна	01	1	1	0,05	2,5	400

Таблиця 1.6 – Зведена таблиця норм часу

Номер та назва операції	t_0 , хв	$t_{\text{доп}}$, хв	$t_{\text{дод}}$, хв	$t_{\text{шт}}$, хв	$t_{\text{пз}}$, хв	$t_{\text{шт-к}}$, хв
015 Токарна з ЧПК	25	1	2,60	28,60	25	29,02
020 Токарна з ЧПК	22	1	2,30	25,30	25	25,72
025 Токарна з ЧПК	35	1	3,60	39,60	25	40,02
030 Токарна з ЧПК	42	1	4,30	5,19	25	5,61
035 Токарна з ЧПК	31	1	3,20	9,70	25	10,12
040 Токарна з ЧПК	25	1	2,60	28,60	25	29,02
045 Токарна з ЧПК	28,7	1	2,97	32,07	25	32,48
050 Фрезерна	0,4	0,7	0,11	1,19	18	1,49
055 Фрезерна	26	0,7	2,67	29,37	18	29,67
060 Свердлильна	0,28	0,7	0,08	1,06	18	1,36

1.7 Розробка керуючої програми на токарну операцію з ЧПК №045

Для виконання операції №045 на токарному верстаті з числовим програмним керуванням LEADWELL LTC-25iM буде створено керуючу програму з використанням програмного забезпечення Siemens NX. На рис. 1.8 представлено тривимірну модель деталі для цієї операції, а на рис. 1.9 – токарний переріз, сформований за допомогою зазначеної програми.

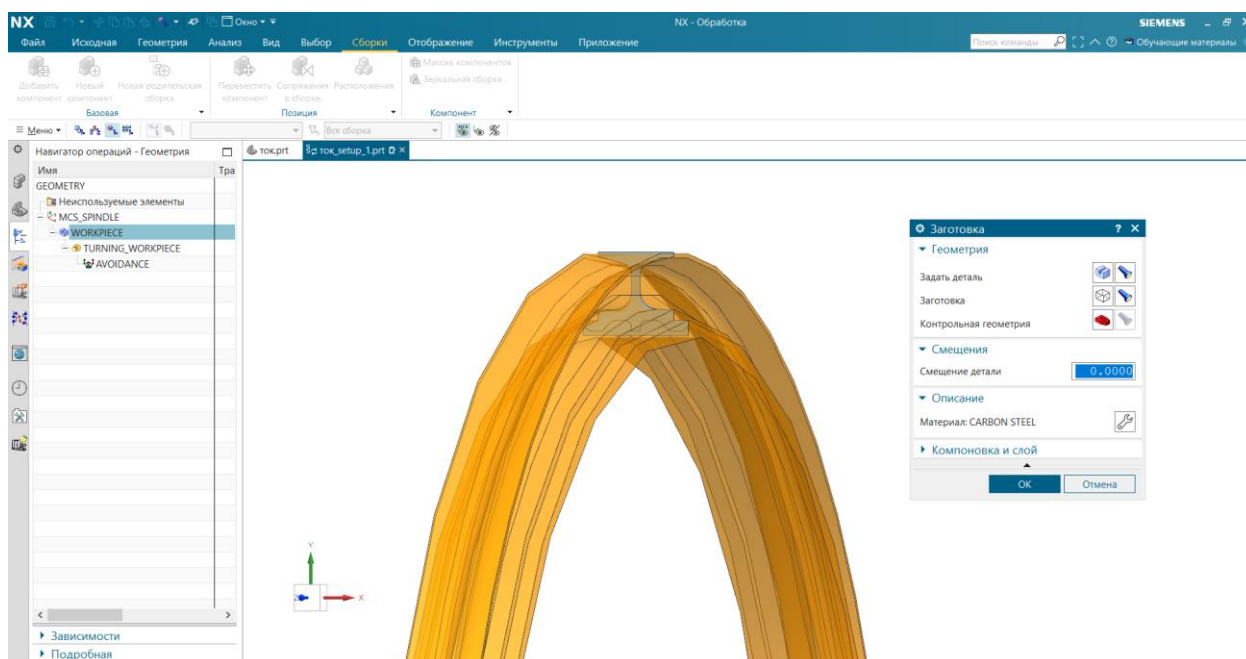


Рисунок 1.8 – 3D модель деталі

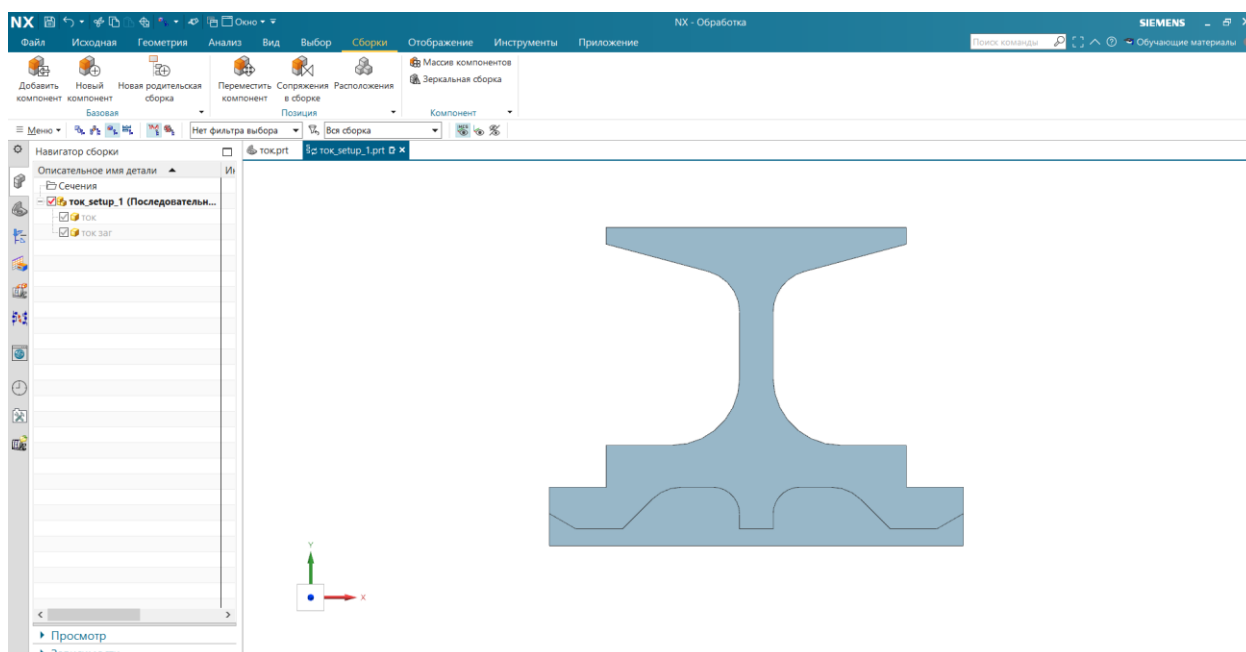


Рисунок 1.9 – Токарний переріз

В програмі створюємо розточний спеціальний різець (рис. 1.10).

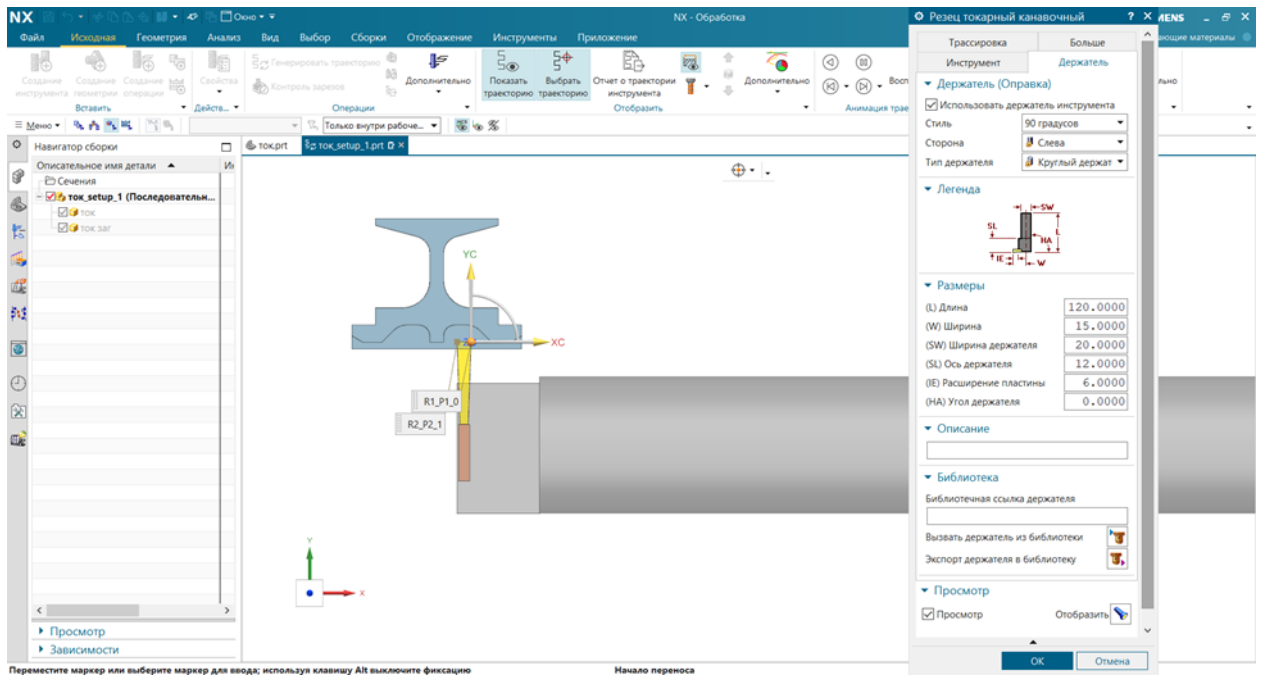


Рисунок 1.10 – Розточний спеціальний різець

Створюємо операцію чистового розточування. Траєкторії наведені на рис. 1.11, симуляція розточування показано на рис. 1.12.

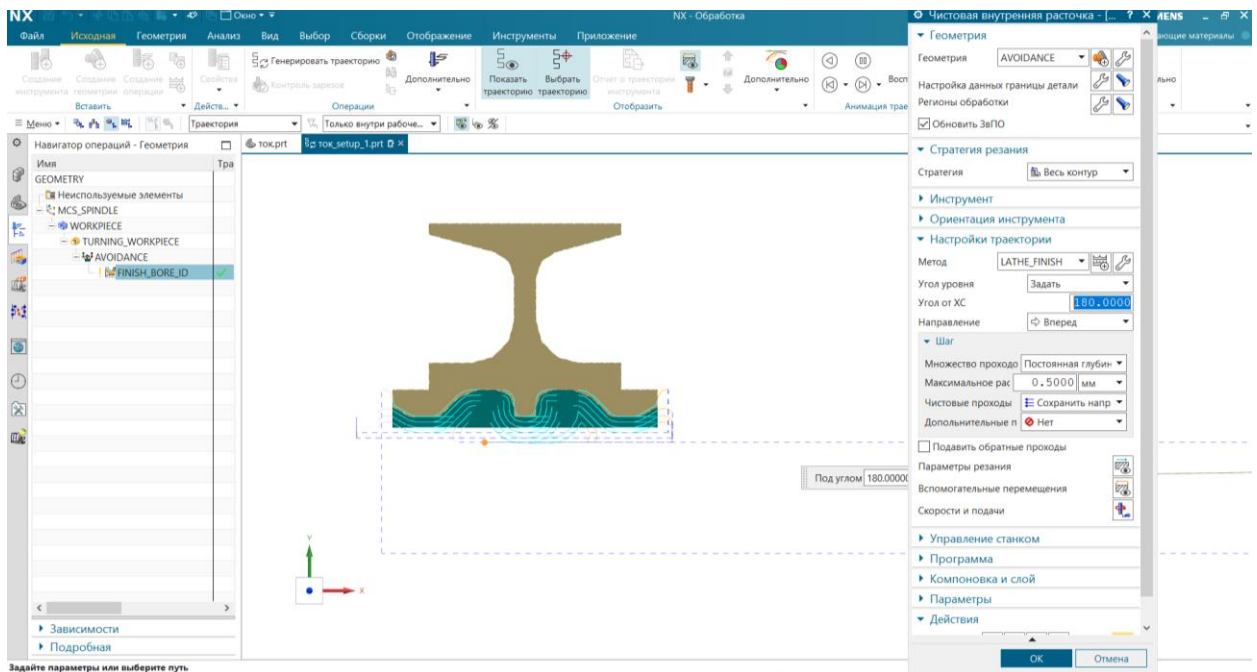


Рисунок 1.11 – Траєкторії обробки

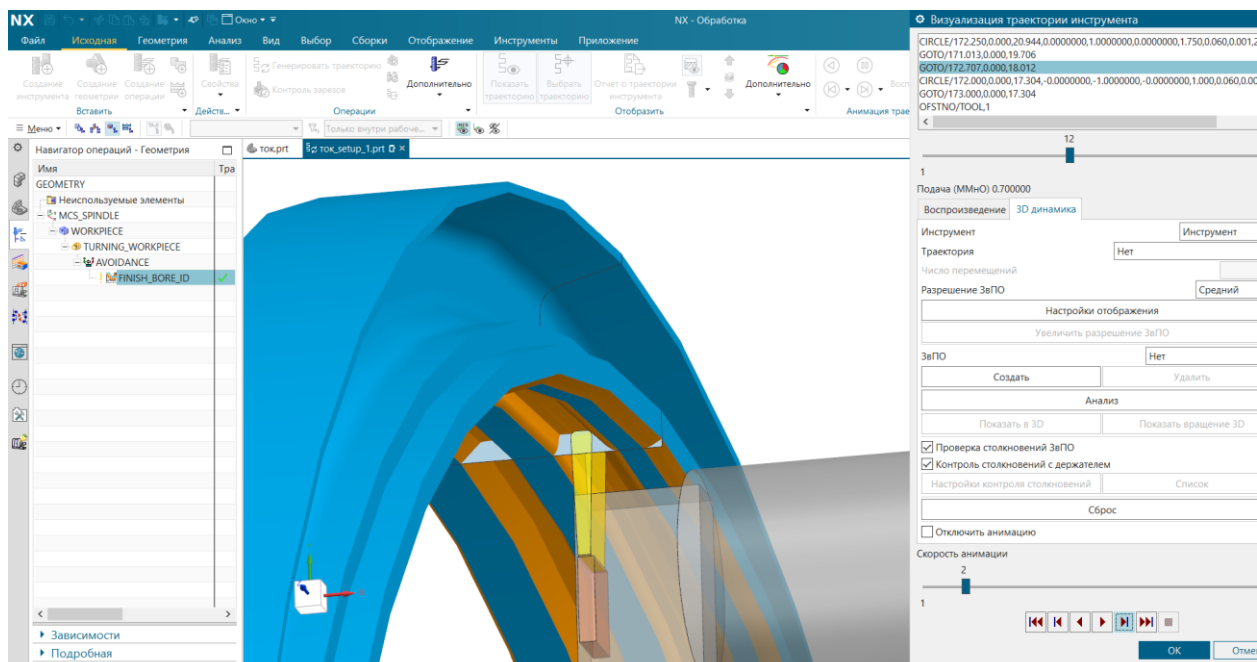


Рисунок 1.12 – Візуалізація обробки

Програма в кодах ISO створена за допомогою NX CAM зображена на рис. 1.13.

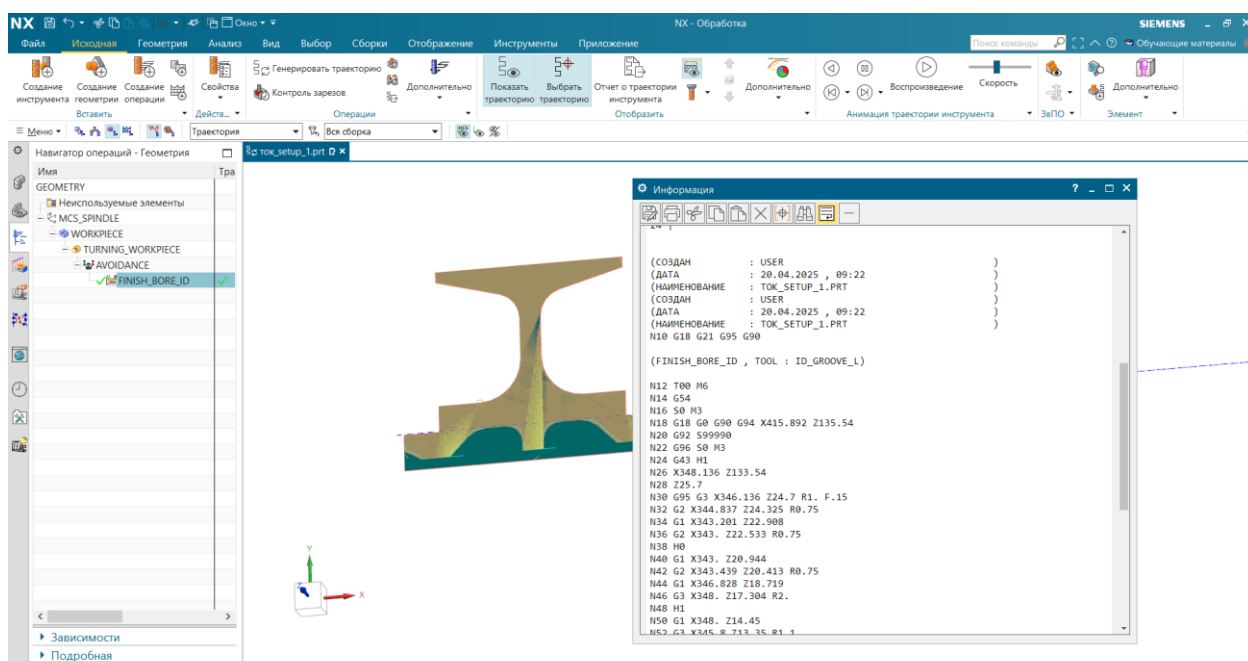


Рисунок 1.13 – Програма в кодах ISO

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування пристосування для свердління

2.1.1 Конструкція та принцип роботи

Пристрій (рис. 2.1) призначений для фіксації деталі «Проставка» під час свердління отвору. Закріплення здійснюється шляхом встановлення деталі на оправку діаметром 343 мм. На шток монтується кришка та розрізна шайба. Після цього у пневмоциліндр подається стиснене повітря, яке впливає на поршень. Рухаючись, поршень тягне за собою шток, який притискає деталь до опорної поверхні. Після завершення обробки подача повітря припиняється, шток піднімається під дією пружини і оброблена деталь звільняється.

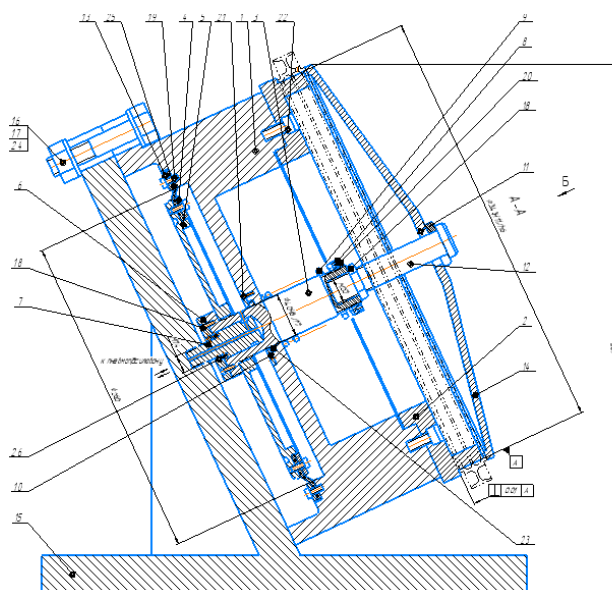


Рисунок 2.1 – Пристрій для свердління

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

Похибка встановлення виражає похибку положення заготовки і

розраховується за формулою:

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

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

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

Деталь встановлюється по отвору $\text{Ø}343^{+0,36}$ (рис. 2.2).

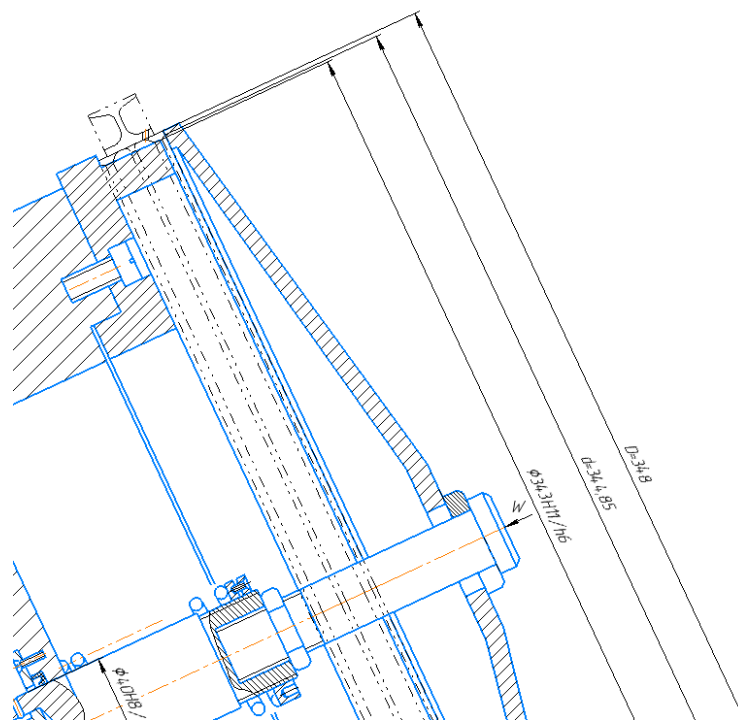


Рисунок 2.2 – Схема базування

Максимальний зазор у з'єднанні:

$$S_{\text{max}} = D_{\text{max}} - d_{\text{min}} = 343,36 - 342,964 = 0,396 \text{ мм} \quad (2.2)$$

де D_{max} , d_{min} – розміри з'єднання.

Похибка базування розраховується за формулою:

$$\varepsilon_{\text{баз}} = S_{\text{max}} / 2 \quad (2.3)$$

$$\varepsilon_{\text{баз}} = 0,396 / 2 = 0,198 \text{ мм}$$

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

Похибка встановлення згідно формули (2.1):

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{0,188^2 + 0} = 0,188 \text{ мм}$$

2.1.3 Розрахунок необхідного сили затиску. Вибір приводу

Згідно схеми базування (рис. 2.2) визначимо статичну сили затиску:

$$W_{\text{ст}} = \frac{3M_p(D_1^2 - d_1^2)}{f(D_2^3 - d_2^3)} \quad (2.4)$$

Момент різання визначимо згідно формули:

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

де u , q , C_m – значення коефіцієнтів [3];

$K_{\text{мр}}$ – поправочний коефіцієнт оброблюємого матеріалу.

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^{0,3}; \quad (2.6)$$

$$K_p = \left(\frac{650}{1050} \right)^{0,75} = 0,7$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 2^2 \cdot 0,05^{0,8} \cdot 0,7 = 0,09 \text{ Нм}$$

Згідно формули (2.5) статична сила закріплення дорівнює:

$$W_{\text{ст}} = \frac{3 \cdot 0,09 \cdot (0,348^2 - 0,34485^2)}{0,15 \cdot (0,348^3 - 0,34485^3)} = 3,4 \text{ Н}$$

Сила на штоці розраховується згідно формули:

$$Q = k \cdot W_{\text{ст}} \quad (2.7)$$

де k – коефіцієнт запасу закріплення;

$$k = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (2.8)$$

де $K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1,2$ – враховує зміни (коливання) сил різання у процесі обробки через нерівномірність припусків;

$K_3 = 1,2$ – коефіцієнт залежить від виду обробки, оброблювального матеріалу;

$K_4 = 1$ – характеризує затискний пристрій з погляду постійності сил затиску;

$K_5 = 1$ – характеризує затискачі з погляду зручності закріплення деталі;

$K_6 = 1$ – враховується, коли розрахунок сил затиску здійснюється з урахуванням моментів різання і від виду опорної поверхні.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,16;$$

$$Q = 3,4 \cdot 2,16 = 7,4 \text{ Н.}$$

Мінімальний діаметр штока:

$$d = \sqrt{\frac{4\alpha Q}{\pi[\sigma]}} \quad (2.9)$$

де $[\sigma]$ – допустима напруга на розтяг, $[\sigma] = 100 \text{ МПа}$;

p – тиск повітря, $p = 0,4 \dots 0,6 \text{ МПа}$;

α – коефіцієнт затяжки, $\alpha = 2,25$.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 7,4}{3,14 \cdot 100}} = 0,4 \text{ мм}$$

Приймаємо 36 мм.

Діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{p\eta\pi} + d^2} \quad (2.10)$$

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,4}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,9} + 36^2} = 40 \text{ мм}$$

Приймаємо згідно з ГОСТ 15608-81 найближче значення діаметра поршня 100 мм.

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Контрольне пристосування (рис. 2.3) призначене для перевірки паралельності торця 0,016 мм відносно бази А. Воно регулюється під будь-який розмір деталі за рахунок рухомої оправки на штативі. Пристосування складається з основи, штатива, роликів, штанги та індикаторного годинника.

Деталь встановлюється на крайній торець і центрується зовнішнім діаметром $\varnothing 379$ мм. Опускається штанга штатива з індикаторним годинником, ніжка годинника встановлюється по контрольованій поверхні, знімаються показання по годинниках при прокручуванні деталі.

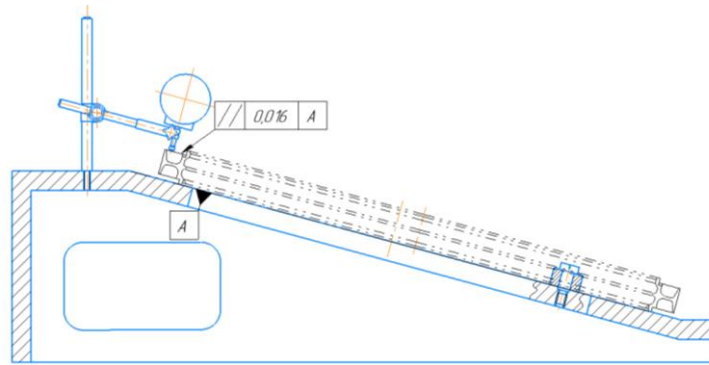


Рисунок 2.3 – Контрольне пристосування

2.3 Розрахунок деталі на міцність

Аналіз міцності деталі «Проставка» виконуємо згідно розрахунку максимальних навантажень, що виникають у критичних перерізах. Оцінку міцності виконуємо розраховуючи коефіцієнт запасу міцності:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{max}} = 1,5 \dots 3 \quad (2.11)$$

де $[\sigma]$ – допустиме значення границі міцності титанового сплаву VT8-1, $[\sigma]=980$ МПа;

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

Далі розрахунку 3D-модель розбиваємо на сітку кінцевих елементів (рис. 2.4).

Під час експлуатації проставка зазнає згинальних навантажень, що виникають під впливом потоку газів в середині авіадвигуна. Найбільш критичними перерізами в конструкції є тонка стінка 2 мм, яка з'єднує зовнішній та внутрішні циліндричні поверхні. Аналіз напружено-деформованого стану деталі виконується за допомогою модуля NX CAM.

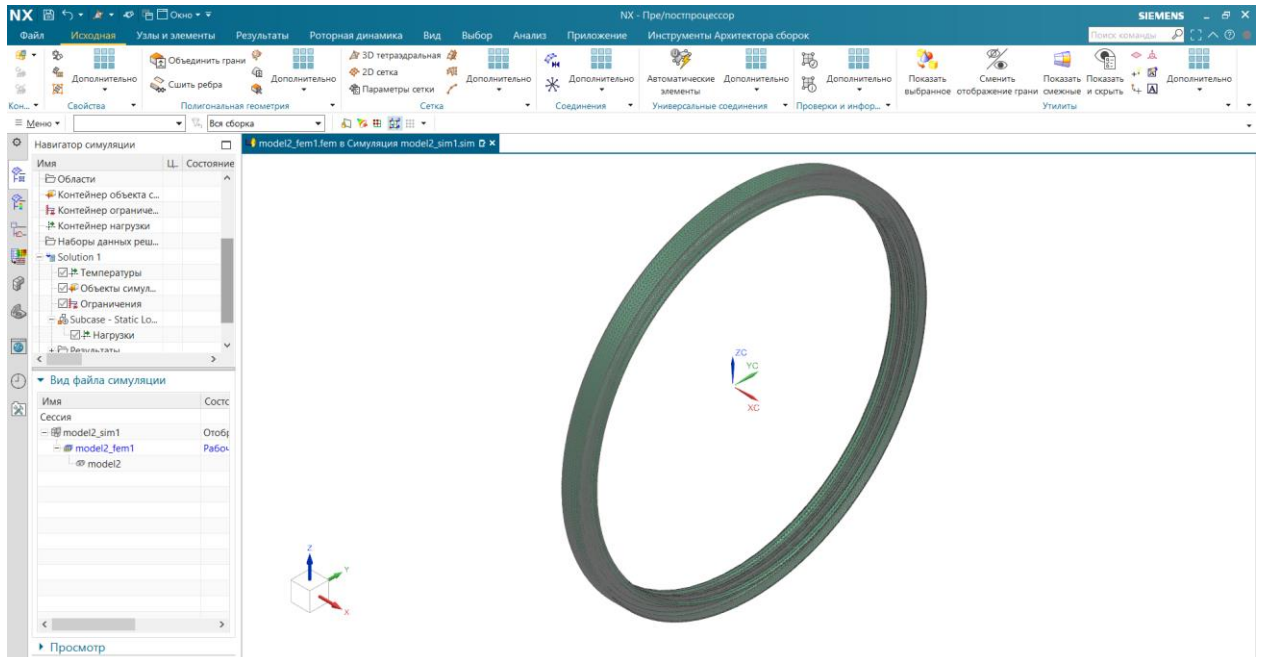


Рисунок 2.4 – 3D-модель, розбита на сітку кінцевих елементів

До зовнішньої циліндричної поверхні прикладаємо осьову силу рівну 5000 Н. А внутрішню циліндричну поверхню закріплюємо (рис. 2.5).

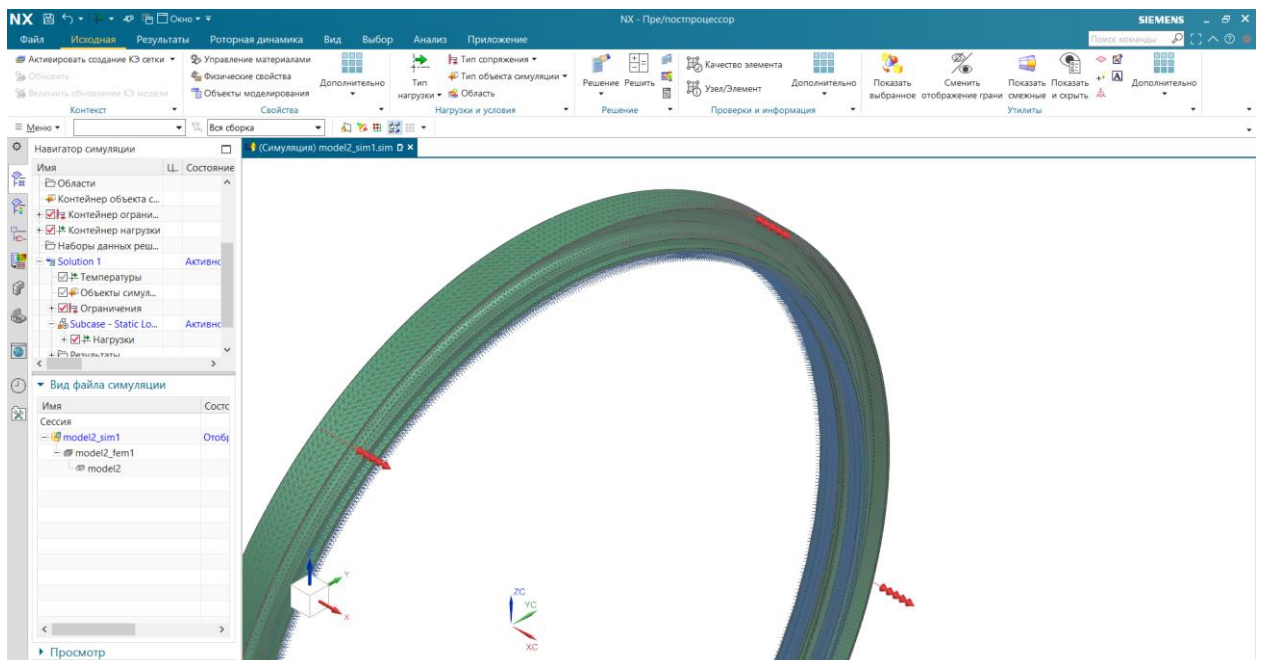


Рисунок 2.5 – 3D-модель з накладеними обмеженнями

Далі виконуємо розрахунок напружено-деформованого стану проставки та отримано графічне зображення розподілу напружень (рис. 2.6)

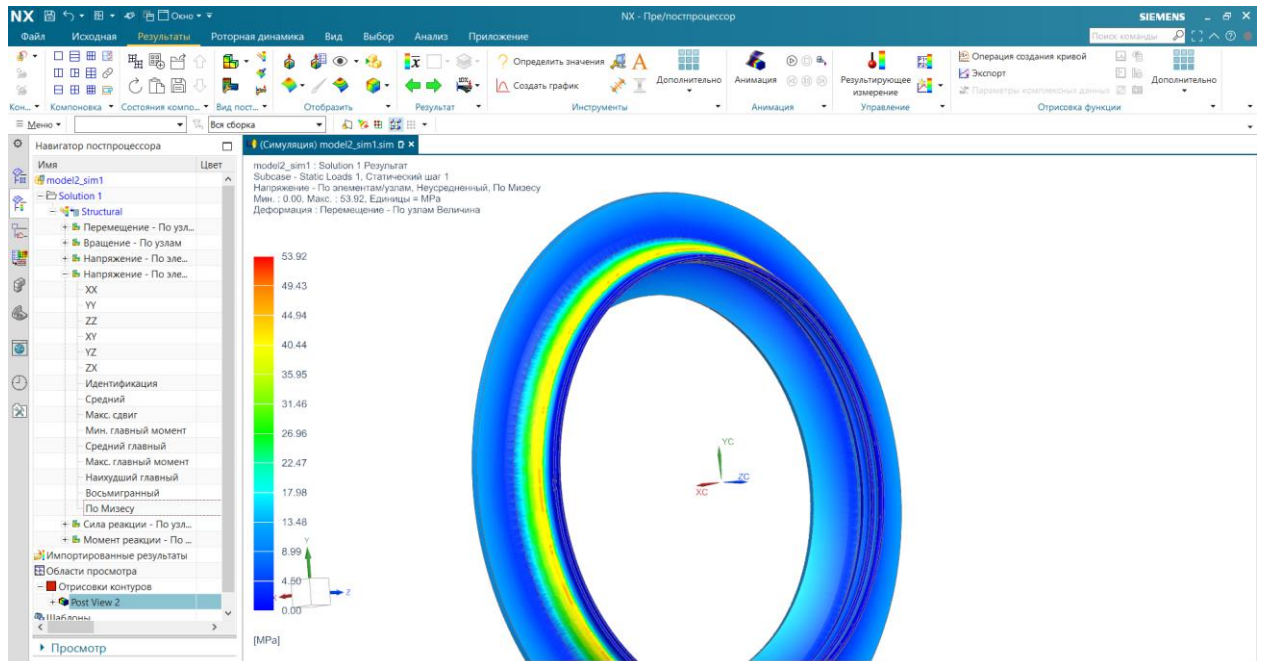


Рисунок 2.6 – Розподіл напружень

Максимальне значення напружень знаходиться у основи тонкої стінки 2 мм на радіусі 4 мм – 53,9 МПа.

Згідно формули (2.11) розрахуємо коефіцієнт запасу міцності:

$$k = \frac{980}{53,9} = 18,2$$

Результати розрахунку виявили більше ніж у 18 раз запас міцності проставки, тому конструкцію її можна вважати прийнятими.

3 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

При проектуванні технологічного процесу (ТП) виготовлення деталі «Проставка» було розроблено планування дільниці. Для цього було розраховано річну верстатоемність для кожної операції за формулою:

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

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

Розраховуємо кількість верстатів, необхідних для виконання операцій за формулою:

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

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

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

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

Коефіцієнт завантаження верстата визначаємо за формулою:

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

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

Визначаємо середній коефіцієнт завантаження верстатів за формулою:

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

$$\overline{K_3} = \frac{4,26}{10} = 0,42$$

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

Параметри	Номер операції									
	015	020	025	030	035	040	045	050	055	060
	Модель верстата									
	LEADWELL LTC-25iM	LEADWELL LTC-25iM	LEADWELL LTC-25iM	LEADWELL LTC-25iM	LEADWELL LTC-25iM	LEADWELL LTC-25iM	LEADWELL LTC-25iM	LEADWELL MCV-1300i	LEADWELL MCV-1300i	LEADWELL MCV-1300i
$t_{ш-к}$	29,02	25,72	40,02	5,61	10,12	29,02	32,48	1,49	29,67	1,12
T	145100	128600	200100	28050	50600	145100	162400	7450	148350	5600
S_p	0,60	0,54	0,83	0,12	0,21	0,60	0,68	0,03	0,62	0,02
S_n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
K_3	0,60	0,54	0,83	0,12	0,21	0,60	0,68	0,03	0,62	0,02

Розраховуємо кількість детале-операцій, що виконуються на технологічній лінії обробки деталей «Проставка»: $O=10$ детале-операцій.

Призначаємо багатOVERстатну обробку на токарній групі верстатів з ЧПК (операції 015...045). Максимальне значення основного часу буде на операції 025 – 35 хв.

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

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

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

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

$$m_s = \frac{35 + 1}{3,6 + 0,15} = 9,6$$

Число операторів у зоні обслуговування розраховуємо за формулою:

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

$$R_1 = \frac{7}{9,6} = 0,73$$

Згідно розрахунків призначаємо для роботи на 7 верстатах одного оператора. Таким чином, для обслуговування 10 верстатів необхідно 4 робочих операторів.

Через те, що середній коефіцієнт завантаження верстатів досить малий (0,42), то дільницю виробництва деталей «Проставка» необхідно завантажити типовими деталями до рівня $\bar{K}_3 > 0,85$.

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.2, 4.3.

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

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

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

$Ч_n$ – чисельність робітників відповідної категорії, чол;

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

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

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Розрахункові параметри	Базова технологія							Нова технологія							
	16K20	16K20	16K20	16K20	16K20	16K20	16K20	LEADWEL L LTC- 25iM	LEADWELL LTC-25iM	LEADWEL L LTC- 25iM	LEADWEL L LTC- 25iM	LEADWEL L LTC- 25iM	LEADWEL L LTC- 25iM	LEADWEL L LTC- 25iM	LEADWEL L LTC- 25iM
Штучний час $t_{шт}$, хв	45	35	25	25	22	25	20	28,6	25,3	39,6	5,19	9,7	28,6	32,07	
Розряд верстатника	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4	4	
Розряд наладчика	-	-	-	-	-	-	-	5	5	5	5	5	5	5	
Число верстатів, що обслуговуються за зміну: верстатником наладчиком	-	-	-	-	-	-	-	4	4	4	4	4	4	4	
Тарифна ставка основного робітника, грн/год	76,6	76,6	76,6	76,6	76,6	76,6	76,6	57,5	57,5	57,5	57,5	57,5	57,5	57,5	
Тарифна ставка наладчика, грн/год	-	-	-	-	-	-	-	57,7	57,7	57,7	57,7	57,7	57,7	57,7	
Число змін m	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Оптова ціна верстата F , грн	300000							1800000							
Число верстатів, C_p	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Норма амортизацій-них відрахувань N_a , %	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	
Встановлена потужність електродвигунів N , кВт	11	11	11	11	11	11	11	15	15	15	15	15	15	15	

Визначимо амортизаційні відрахування на обладнання за формулою [11]:

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

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

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.5, 4.6.

Таблиця 4.5 – Відрахування на амортизацію обладнання за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{\text{шт}}$, хв	К, грн	На, %	F_d	$A_{\text{від}}$, грн
015	Токарна	45	300000	14,2	4015	6,84
020	Токарна	35	300000	14,2	4015	5,32
025	Токарна	25	300000	14,2	4015	3,80
030	Токарна	25	300000	14,2	4015	3,80
035	Токарна	22	300000	14,2	4015	3,34
040	Токарна	25	300000	14,2	4015	3,80
045	Токарна	20	300000	14,2	4015	3,04
					Σ	29,93

Визначимо витрати на інструмент за формулою [11]:

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

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

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

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

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

$n_{\text{ін}}$ – номенклатура інструментів на i -ої операції;

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.7, 4.8.

Таблиця 4.6 – Відрахування на амортизацію обладнання за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	К, грн	На, %	F_d	$A_{від}$, грн
015	Токарна	28,6	1800000	12,2	4015	30,35
020	Токарна	25,3	1800000	12,2	4015	26,84
025	Токарна	39,6	1800000	12,2	4015	42,02
030	Токарна	5,19	1800000	12,2	4015	5,51
035	Токарна	9,7	1800000	12,2	4015	10,29
040	Токарна	28,6	1800000	12,2	4015	30,35
045	Токарна	32,07	1800000	12,2	4015	34,03
					Σ	179,38

Таблиця 4.7 – Витрати на інструмент за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	Найменування інструменту	C_i , грн	$n_{ін}$	T , хв	n_j	$\eta_{мі}$	$S_{ін}$, грн
015	Токарна	45	Різець підр.	250	2	60	10	0,4	3,79
			Різець розточн	250	2	120	10	0,4	1,52
020	Токарна	35	Різець. прохід.	250	2	80	10	0,4	2,84
			Різець розточн	200	2	60	10	0,4	1,21
025	Токарна	25	Різець. прохід.	180	2	120	10	0,4	0,82
			Різець розточн	220	2	60	10	0,4	1,33
030	Токарна	25	Різець. прохід.	200	2	60	10	0,4	2,67
035	Токарна	22	Різець розточн	220	2	60	10	0,4	2,93
040	Токарна	25	Різець. прохід.	200	2	80	10	0,4	2,27
045	Токарна	20	Різець. прохід.	250	2	120	10	0,4	1,52
								Σ	1,52

Таблиця 4.8 – Витрати на інструмент за новою технологією

№ опер	Найменування операції	t _{шт} , хв	Найменування інструменту	Ц _i грн	n _{ін}	T, хв	n _j	η _{мi}	S _{ін} грн
015	Токарна	28,6	Різець розточн	250	2	180	10	0,4	0,94
			Різець. прохід.	150	2	140	10	0,4	0,39
020	Токарна	25,3	Різець розточн	150	2	180	10	0,4	0,46
			Різець. прохід.	250	2	180	10	0,4	0,51
025	Токарна	39,6	Різець розточн	350	2	180	10	0,4	1,39
			Різець. прохід.	250	2	120	10	0,4	1,52
030	Токарна	5,19	Різець. прохід.	250	2	80	10	0,4	0,34
			Різець розточн	350	2	180	10	0,4	0,15
035	Токарна	9,7	Різець. прохід.	250	2	180	10	0,4	0,49
040	Токарна	28,6	Різець. прохід.	200	2	180	10	0,4	1,16
045	Токарна	32,07	Різець. прохід.	250	2	180	10	0,4	0,61
			Різець розточн	200	2	150	10	0,4	0,97
								Σ	8,92

Визначимо витрати на електроенергію за формулою [11]:

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

де N_B – встановлена потужність головного електродвигуна, кВт;

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

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

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

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

η – коефіцієнт корисної дії обладнання;

k_B – коефіцієнт виконання норм часу;

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.9, 4.10.

Таблиця 4.9 – Витрати на електроенергію за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	t _{шт} , хв	Це грн	N _e кВт	k _N	k _ч	k _{од}	k _w	η _e	k _в	S _e , грн
015	Токарна	45	3,45	11	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	22,01
020	Токарна	35	3,45	11	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	17,12
025	Токарна	25	3,45	11	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	12,23
030	Токарна	25	3,45	11	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	12,23
035	Токарна	22	3,45	11	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	10,76
040	Токарна	25	3,45	11	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	12,23
045	Токарна	20	3,45	11	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	9,78
										Σ	96,34

Таблиця 4.10 – Витрати на електроенергію за новою технологією

№ опер	Найменування операції	t _{шт} , хв	Це грн	N _e кВт	k _N	k _ч	k _{од}	k _w	η _e	k _в	S _e , грн
015	Токарна	28,6	3,45	15	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	7,75
020	Токарна	25,3	3,45	15	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	6,86
025	Токарна	39,6	3,45	15	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	10,73
030	Токарна	5,19	3,45	15	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	1,41
035	Токарна	9,7	3,45	15	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,63
040	Токарна	28,6	3,45	15	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	7,75
045	Токарна	32,07	3,45	15	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	8,69
											45,81

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

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

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

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.12, 4.13.

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

№ опер	Найменування операції	Ц _{то} , грн	К _р	С _р	S _р , грн
015	Токарна	300000	0,02	0,64	0,77
020	Токарна	300000	0,02	0,64	0,77
025	Токарна	300000	0,02	0,64	0,77
030	Токарна	300000	0,02	0,64	0,77
035	Токарна	300000	0,02	0,64	0,77
040	Токарна	300000	0,02	0,64	0,77
045	Токарна	300000	0,02	0,64	0,77
				Σ	5,38

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

№ опер	Найменування операції	Ц _{то} , грн	К _р	С _р	S _р , грн
015	Токарна	1800000	0,02	0,78	5,62
020	Токарна	1800000	0,02	0,78	5,62
025	Токарна	1800000	0,02	0,78	5,62
030	Токарна	1800000	0,02	0,78	5,62
035	Токарна	1800000	0,02	0,78	5,62
040	Токарна	1800000	0,02	0,78	5,62
045	Токарна	1800000	0,02	0,78	5,62
				Σ	39,31

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

$$S_H = \frac{\varphi \cdot C_{ГН} \cdot t_{ін} \cdot t_0 \cdot K_T}{T_M \cdot m \cdot 60} \quad (4.7)$$

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

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

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

t_o – основний час роботи інструменту на операції, хв;

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

T_m – середня стійкість інструменту, хв.;

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 – Витрати на налаштування інструментів поза верстатом

№ опер	Найменування операції	Тип інструменту	t_o , хв	$C_{гн}$, грн/год	n_i	$t_{ін}$, хв	K_T	T_M	m	S_n , грн
015	Токарна	Різець розточн	28,6	50,9	6	4	0,9	180	2	0,20
		Різець. прохід.		50,9	6	4	0,9	120	1	0,33
020	Токарна	Різець розточн	25,3	50,9	6	4	0,9	180	2	0,17
		Різець. прохід.		50,9	6	4	0,9	180	2	0,11
025	Токарна	Різець розточн	39,6	50,9	6	4	0,9	120	1	0,63
		Різець. прохід.		50,9	6	5	0,9	120	1	0,83
030	Токарна	Різець. прохід.	5,19	50,9	6	5	0,9	180	2	0,04
		Різець розточн		50,9	6	5	0,9	80	1	0,12
035	Токарна	Різець. прохід.	9,7	50,9	6	4	0,9	180	4	0,05
040	Токарна	Різець. прохід.	28,6	50,9	6	4	0,9	180	4	0,16
045	Токарна	Різець. прохід.	32,07	50,9	6	4	0,9	180	4	0,18
		Різець розточ		50,9	6	4	0,9	180	2	0,20
									Σ	2,81

Визначимо інші загальновиробничі витрати за формулою [11]:

$$I_{\text{н}} = Z_{\text{о}} \cdot k_{\text{заг}} \quad (4.8)$$

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

$$I_{\text{н1}} = 422,53 \cdot 0,2 = 84,5 \text{ грн}$$

$$I_{\text{н2}} = 272,19 \cdot 0,2 = 54,44 \text{ грн}$$

Розрахуємо технологічну собівартість за формулою [11]:

$$C_{\text{Т}} = Z_{\text{о}} + Z_{\text{н}} + A_{\text{від}} + S_{\text{ін}} + S_{\text{е}} + S_{\text{р}} + S_{\text{н}} + I_{\text{н}} \quad (4.9)$$

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

Таблиця 4.14 – Розрахунок елементів технологічної собівартості, грн.

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Базовий	Новий
Заробітна плата верстатника	$Z_{\text{о}}$	422,53	272,19
Заробітна плата наладчика	$Z_{\text{н}}$		177,78
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{\text{від}}$	29,93	179,38
Витрати на різальний інструмент	$S_{\text{ін}}$	1,52	8,92
Витрати на електроенергію	$S_{\text{е}}$	96,34	45,81
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	$S_{\text{р}}$	5,38	39,31
Витрати на налаштування інструментів поза верстатом	$S_{\text{н}}$		2,81
Витрати інші	$I_{\text{н}}$	84,5	54,44
Технологічна собівартість	$C_{\text{Т}}$	640,2	780,64

Розрахуємо умовний економічний ефект за формулою [11]:

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

$$E_{yp} = (640,2 - 780,64) \cdot 5000 = -702200 \text{ грн}$$

Згідно розрахунків економії не має.

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

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

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

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

Таблиця 4.15 - Капітальні витрати на обладнання за базовим ТП

№ опер	Найменування операції	T _{шт} , хв	Ц, грн	F _д	K _о , грн
015	Токарна	45	300000	4015	56,04
020	Токарна	35	300000	4015	43,59
025	Токарна	25	300000	4015	31,13
030	Токарна	25	300000	4015	31,13
035	Токарна	22	300000	4015	27,40
040	Токарна	25	300000	4015	31,13
045	Токарна	20	300000	4015	24,91
		Σ	1800000	Σ	245,33

Таблиця 4.16 - Капітальні витрати на обладнання за новим ТП

№ опер	Найменування операції	$T_{шт}$, хв	Ц, грн	F_d	K_o , грн
015	Токарна	28,6	1800000	4015	213,70
020	Токарна	25,3	1800000	4015	189,04
025	Токарна	39,6	1800000	4015	295,89
030	Токарна	5,19	1800000	4015	38,78
035	Токарна	9,7	1800000	4015	72,48
040	Токарна	28,6	1800000	4015	213,70
045	Токарна	32,07	1800000	4015	239,63
		Σ	10800000	Σ	1263,21

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

$$B_{нав} = C + E_n K, \quad (4.12)$$

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

У табл. 4.17 наведено результати порівняння.

Таблиця 4.17 - Порівняння варіантів ТП за наведеними витратами

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Базовий	Новий
Технологічна собівартість деталі	C_T	640,2	780,64
Капітальні витрати на деталь	K_o	245,33	1263,21
Наведені витрати на деталь	W_o	885,53	2043,85
Собівартість річної програми	C_p	1800000	10800000
Капітальні витрати на програму	$K_{оріч}$	1226650	6316050
Наведені витрати на програму	$W_{річ}$	4427650	10219250
Річна економія (збиток), грн	ΔW	-5791600	

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

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

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

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

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

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

$E_{\text{н}}$ - нормативний коефіцієнт ефективності;

K_1 – капітальні витрати за першим варіантом;

K_2 – капітальні витрати за другим варіантом;

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

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

$$N_{\text{кр}} = \frac{(10800000 - 1800000) + 0,15 \cdot (1263,21 - 245,33)}{780,64 - 640,2} = 64085,4 \text{шт}$$

Таким чином, якщо програма випуску менше $N_{\text{кр}}$, то більш вигідний базовий варіант ТП. Якщо більше – 64085,4 шт, то більш вигідний новий варіант ТП.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Охорона праці при роботі на металорізальних верстатах

Охорона праці є важливим компонентом при організації виробничого процесу на машинобудівних підприємствах, особливо під час роботи з металорізальним обладнанням. Металорізальні верстати є джерелом підвищеної небезпеки через наявність рухомих частин, обертових інструментів та високого рівня шуму й вібрації [12].

Перед початком роботи оператор металорізального верстата повинен пройти відповідний інструктаж з охорони праці та мати допуск до роботи. Працівник повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту: спецодягом, захисними окулярами, рукавицями, а також, за необхідності, засобами захисту органів слуху.

Приміщення, де розміщено металорізальні верстати, повинно бути обладнане системою вентиляції, мати відповідне освітлення (не менше 300 лк) та бути утримане в чистоті.

Усі верстати мають бути оснащені захисними кожухами, блокувальними пристроями та аварійними вимикачами. Регулярне технічне обслуговування обладнання та перевірка справності систем безпеки є обов'язковими заходами.

Інструменти, що використовуються на верстатах, мають бути справними, правильно закріпленими та відповідати параметрам обробки. Забороняється працювати з пошкодженим або зношеним ріжучим інструментом.

Робоче місце повинно бути організоване з урахуванням ергономічних вимог. Всі інструменти мають бути розміщені в зоні легкого доступу. Поверхня підлоги навколо верстата має бути неслизькою, без сторонніх предметів.

Під час роботи оператор повинен дотримуватися безпечної дистанції від обертових частин верстата, не нахилятися близько до ріжучого інструменту та

не залишати працюючий верстат без нагляду.

Електробезпека – це комплекс організаційних та технічних заходів, спрямованих на захист працівників від ураження електричним струмом при експлуатації електрообладнання, у тому числі металорізальних верстатів.

Металорізальні верстати працюють від електричної мережі, тому порушення правил експлуатації або несправність обладнання можуть призвести до небезпечних ситуацій. Ураження електричним струмом може мати серйозні наслідки для здоров'я та життя працівника.

Основні вимоги з електробезпеки:

1) Усі електроустановки мають бути заземлені відповідно до нормативних вимог.

2) Забороняється працювати на верстатах з видимими пошкодженнями електропроводки, вимикачів або інших елементів електрообладнання.

3) Ремонт та технічне обслуговування електрообладнання мають виконувати лише працівники, які мають відповідну кваліфікацію та допуск до робіт з електроустановками.

4) Перед початком роботи необхідно перевірити справність заземлення, захисних кожухів та вимикачів.

5) У випадку виявлення іскор, запаху горілого, перегріву або шуму з електрообладнання – роботу слід негайно припинити та повідомити відповідального за електрогосподарство.

При роботі з електрообладнанням необхідно використовувати діелектричні рукавички, гумові килимки, а також інструмент із ізольованими ручками.

Кожен працівник повинен пройти інструктаж з електробезпеки та знати правила дій у випадку електротравми. На підприємстві має бути організована система контролю за станом електроустановок і своєчасне їх обслуговування.

У разі виникнення аварійної ситуації (наприклад, поломка верстата, коротке замикання, задимлення) необхідно негайно зупинити роботу, відключити верстат від електромережі та повідомити керівника.

Наявність вогнегасника, аптечки першої допомоги та знання правил евакуації — обов'язкові умови для забезпечення безпеки працівників.

ВИСНОВКИ

В дипломному проєкті було розроблено технологічний процес виготовлення проставки. Було економічно обґрунтовано отримання заготовки штампуванням на КГШП, розраховано масу заготовки 3,22 кг, коефіцієнт використання матеріалу 0,22. Економічний ефект від впровадження отримання заготовки штампуванням на КГШП становив 206000 грн.

Розроблений маршрут виготовлення деталі містить обробку на верстатах з ЧПК. За рахунок цих заходів зменшився загальний час оброблення деталі та собівартість її виготовлення.

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

Було спроектовано пристосування для свердління операції з ЧПК. Для нього було розраховано похибку встановлення, був проведений розрахунок на точність, розраховано зусилля затиску і обраний тип приводу. Також було спроектовано контрольне пристосування для контролю паралельності торця 0,016 мм відносно бази А.

В організаційній частині для планування ділянки з виробництва деталей типу проставок та схожих за типорозмірами деталей було визначено кількість технологічного обладнання – 10 верстатів, чисельність основних виробничих робітників – 4.

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

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Сплав ВТ8-1 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://evek.com.ua/materials/splav-vt8-1.html> (дата звернення: 20.04.2025). – Назва з екрана.
2. Богуслаєв В.О. Основи технології машинобудування. Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів / В.О. Богуслаєв, В.І. Ципак, В.К. Яценко – Запоріжжя, вид. ВАТ «Мотор Січ», 2003. – 336 с.
3. ДСТУ 2960-94 Організація промислового виробництва. Основні поняття. Терміни та визначення. Чинний від 1994-12-28. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 1996. 12 с.
4. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин», для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», освітньої програми (спеціалізації) «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання / Укл. : Гончар Н.В., Тришин П.Р. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. – 61 с.
5. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» та спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітніх програм «Металорізальні верстати та системи» і «Колісні та гусеничні транспортні засоби» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання 3-є). Під ред. Гончар Н.В. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019 – 61 с.

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

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

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

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

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

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

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

ДОДАТОК А
Специфікація робочого пристосування

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Перв. примен.</i>						
				<u>Документация</u>		
			НУЗП 2934.26.010	Складальне креслення		
<i>Справ. №</i>						
				<u>Детали</u>		
		1		Корпус	1	
		2		Оправка	1	
		3		Штак	1	
		4		Кольцо	1	
		5		Поршень	1	
		6		Кришка	1	
		7		Штуцер	1	
		8		Гайка	1	
		9		Пружина	1	
		10		Кришка	1	
		11		Шайба розрізна	1	
		12		Штак	1	
		13		Кільце	1	
		14		Кришка	1	
		15		Основа	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
НУЗП 2934.26.010						
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
	Разраб.	Коба				
	Проб.	Пухальська				
	Нконтр.	Дядя				
	Утв.	Дядя				
				Лит. Лист Листов		
				1 2		
				НУЗП		
				Мз-111		

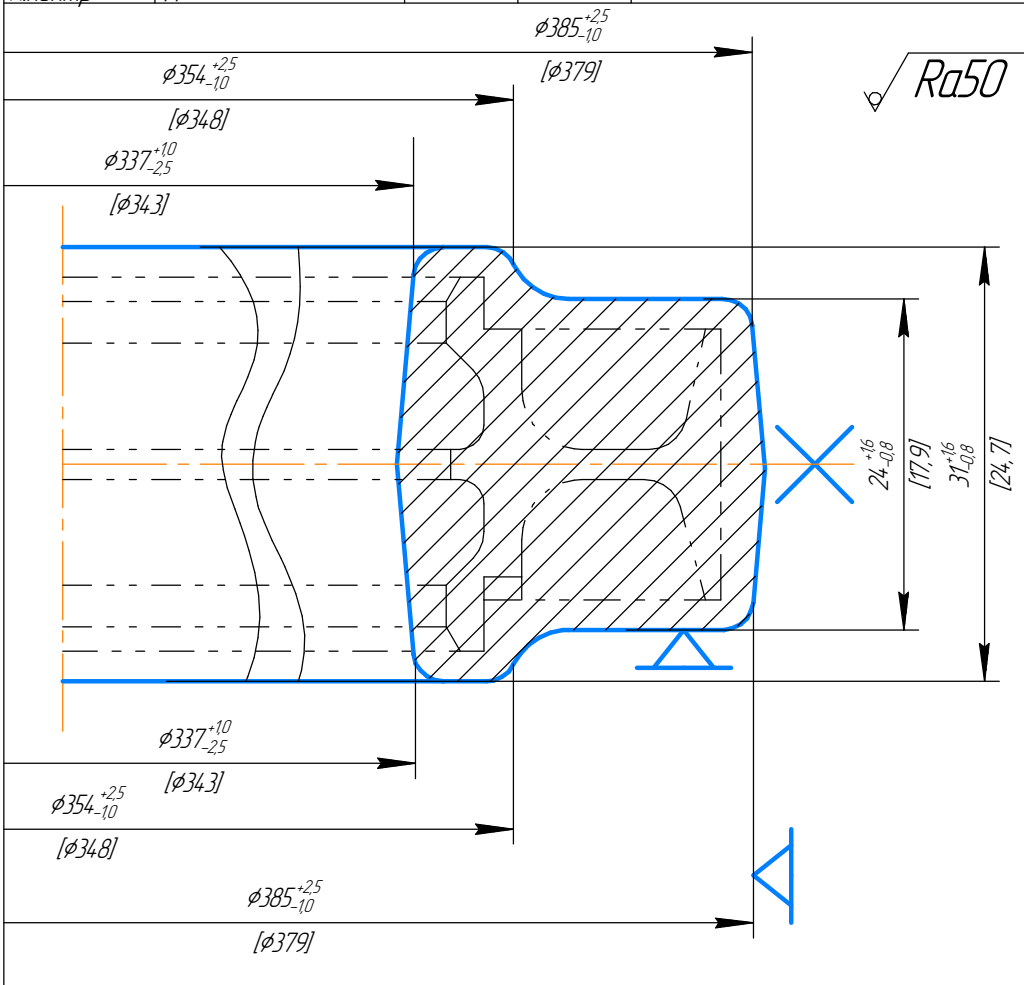
ДОДАТОК Б
Технологічні карти

Дц.бл.				
Взам				
Ориг.				

Гл.технолог
Нач. БПМ

Форма 170-162

					НУЗП 0214.1.25010		1	1
Розроб.	Кода			НУЗП	НУЗП 712150.010		Мз-111.6014.1.000005	
Перевір.	Пухальська				Проставка 7 ступені			005
Н.контр.	Дядя							



Технічні умови на заготовку			
Матеріал		Заготовка	
Найменування та марка	Код	Код і вид	Профіль і розмір
Сплав ВТ8-1		КГШП	$\phi 385 \times 31$
Технічні умови		Маркування	Твердість
ОСТ 1 90197-89			293...341 НВ
Сортамент		Допустима кривизна	
		0,22	
Розмір вихідного матеріалу		Норма розходу	
Кільк. із заг.	Розм. листа, прутка	Маса	
1		3,22	

Карта заготовки

Дудл.			
Взам.			
Підл.			

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

НУЗП 0214.125010

Листів 1

Лист 1

Розроб.	Коба			НУЗП	НУЗП 712150.010			МЗ-111.6014.1.00050				
Перевір.	Пухальська											
Н.контр.	Дядя											050

Проставка 7 ступені

Найменування операції		Матеріал		Твердість		ОВ	МД	Проф. і розм.		МЗ	КВЗ
Фрезерна з ЧПК		ВТ8-1 ОСТ 1 90197-89		280...300 НВ		к2	0,73			3,22	0,22
Устаткування, пристрій ЧПК		Позначення програми		То	Тв	Тп.з.	Тш-к	30ТС			
Фрезерний з ЧПК LEADWELL MCV-1300i		-		0,4	0,7	18	1,49	5% емульсія "Українол-1" ТУ-38-101197-76			

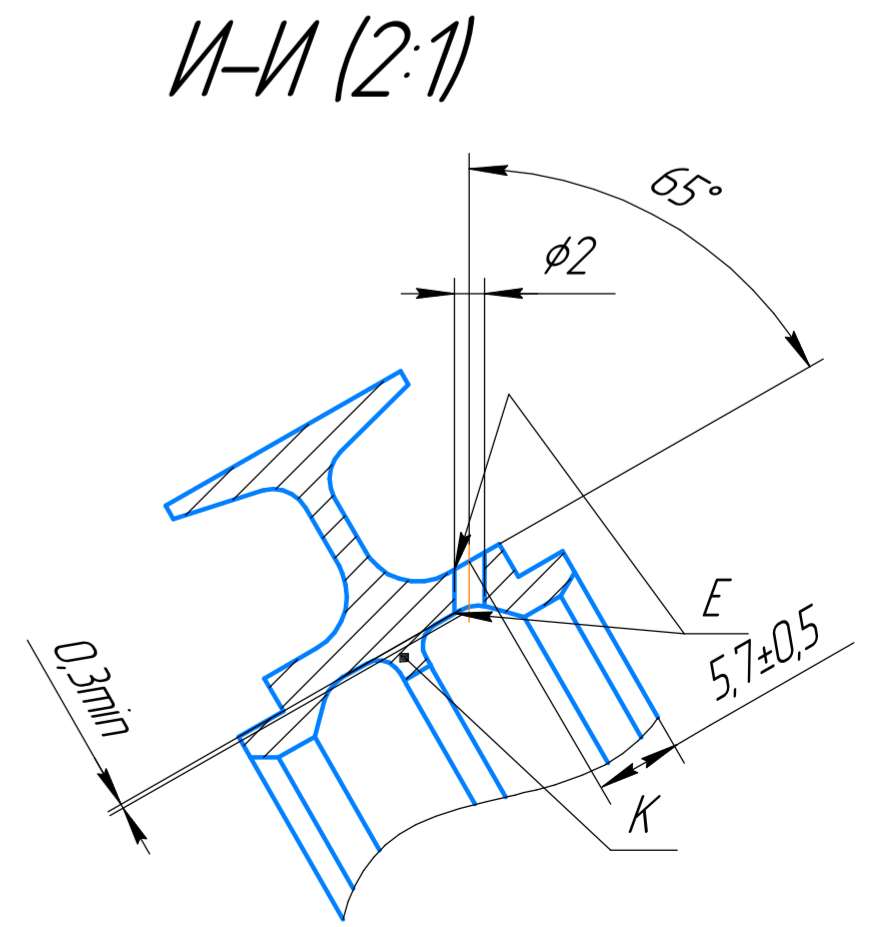
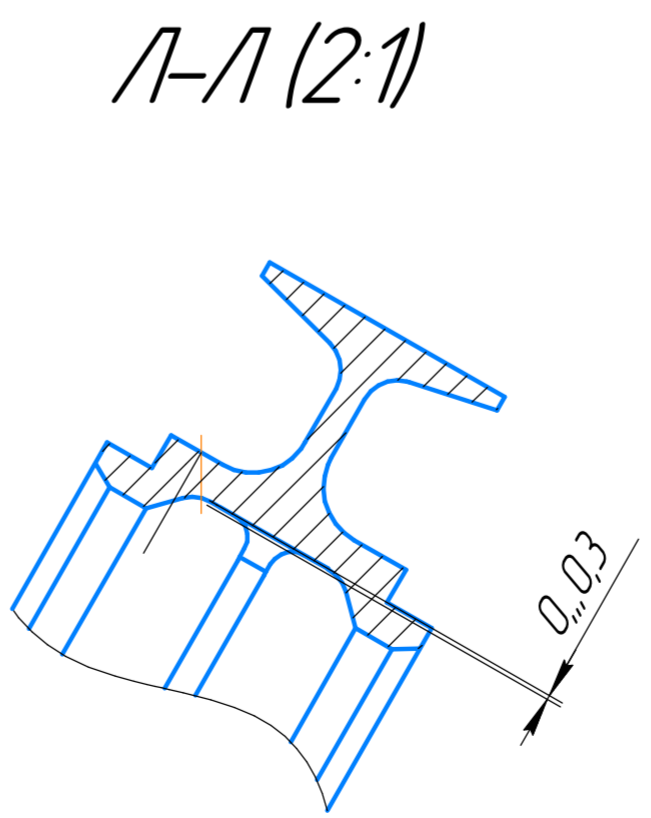
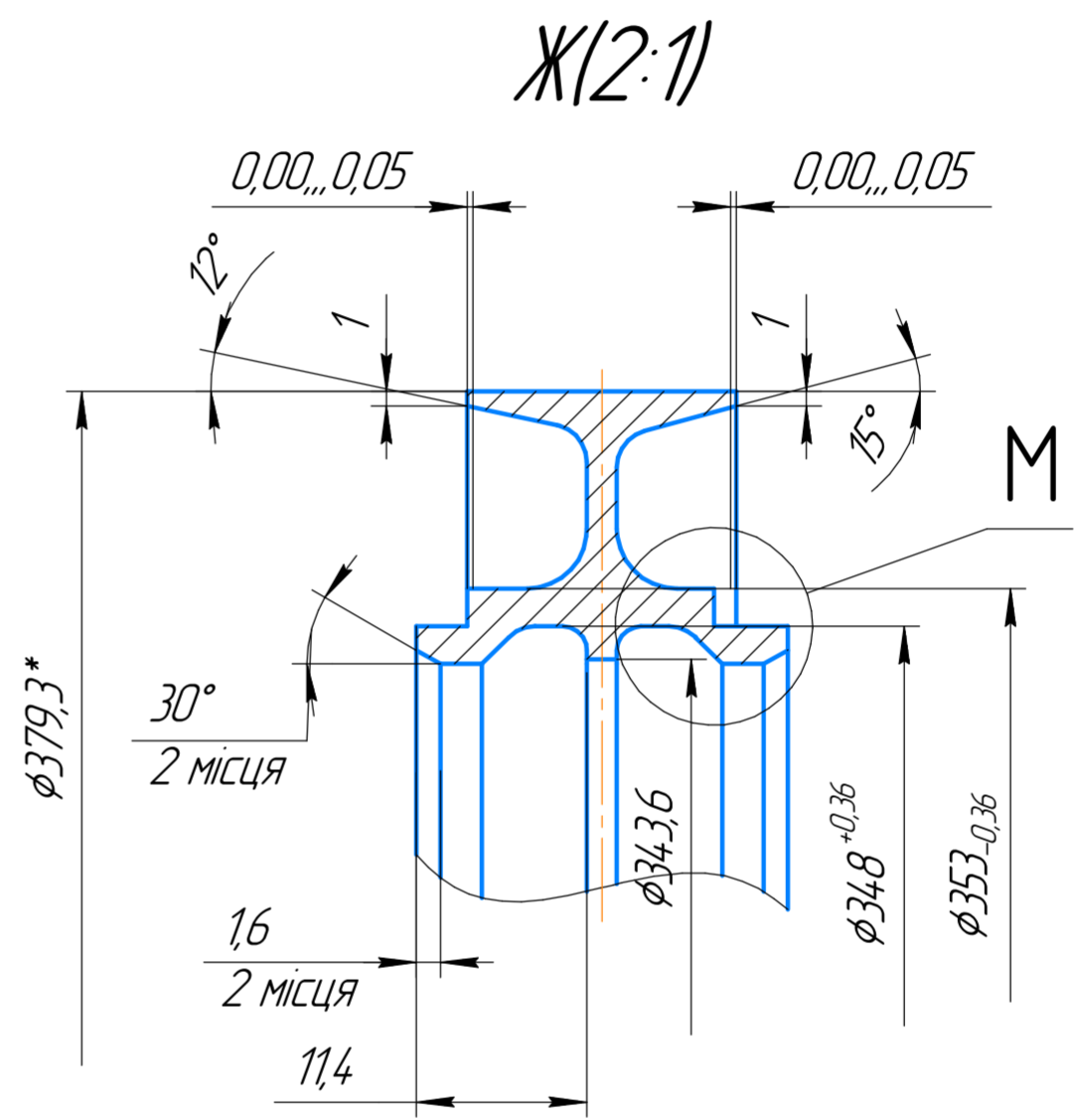
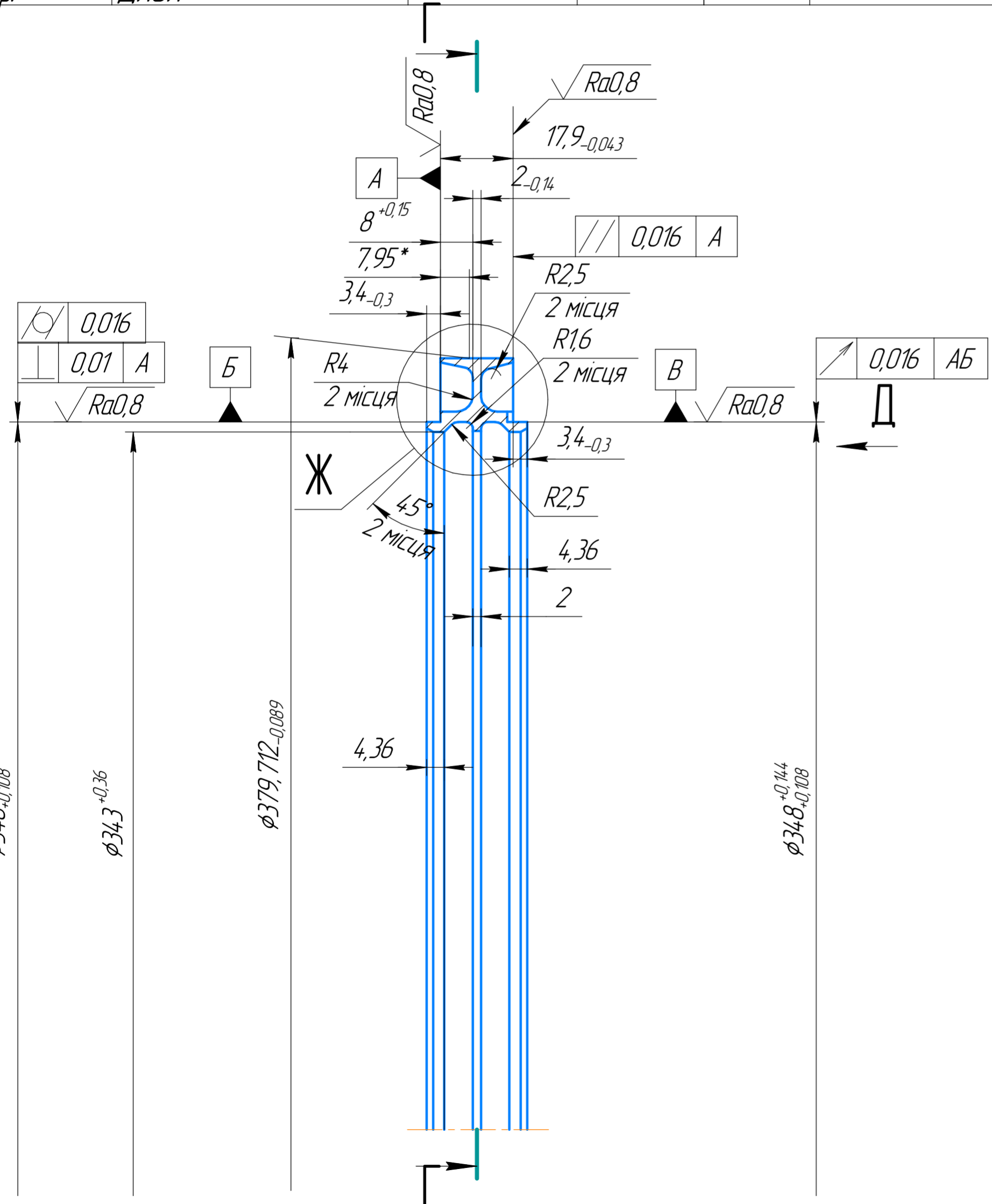
Р		П	Д,В	Л	т	і	С	п	У
О 01	1. Встановити та закріпити деталь								$t_{вст}=0,25 \times \delta$
Т 02	ПР Пристосування спеціальне								
03									
О 04	2. Фрезерувати чотири паз, витримуючи розміри 1, 2, 3								
Т 05	ВИ Оправка								
06	Ри Фреза 2220-024 7 ГОСТ 18372-73								
07	СИ Шаблон спеціальний.								
Р 08		01	10	15	7,2	4	60	700	22
09									
О 10	3. Зняти деталь								$t_{зн}=0,25 \times \delta$
11									
12									
13									
14									
15									

ОК

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

ГОСТ 3105-84		Форма 7	
НУЗП 0214.1.25010		2	1

Розроб.	Кодба	НУЗП	НУЗП 7122150.010	МЗ-111.2014.1.00070
Перевір.	Пухальська			
Н. контр.	Дядя		Проставка 7 ступені	070



ГОСТ 3.1404-86 Форма 2а

Р	Параметри, які контролюють	Код засобів ТО	Наименование средств ТО	Об'єм і ПК	T _о /T _{доп}
01	5. - $\phi 34,6$	393316	Штангенциркуль ШЦ-II-500-0,05 ГОСТ 166-89	100%	
02	6. - $\phi 2$	393111	Калібр-пробка 8133-0613 ГОСТ 14.807-69	100%	
03	7. - $17,9_{-0,043}$	-	Шаблон спеціальний	100%	
04	8. - $2_{-0,14}$	-	Шаблон спеціальний	100%	
05	9. - $8^{+0,15}$	-	Шаблон спеціальний	100%	
06	10. - $3,4_{-0,3}$	-	Шаблон спеціальний	100%	
07	11. - $4,36$	-	Шаблон спеціальний	100%	
08	12. - 2	-	Шаблон спеціальний	100%	
09	13. - $11,4$	-	Шаблон спеціальний	100%	
10	14. - 1	-	Шаблон спеціальний	100%	
11	15. - $1,5^{+0,14}$	-	Шаблон спеціальний	100%	
12	16. - $1,6 \times 30^\circ$	-	Шаблон спеціальний	100%	
13	15. - $0,4 \times 45^\circ$	-	Шаблон спеціальний	100%	
14					
15					
16	III Контроль форми та взаємного розміщення поверхонь				
17	1. - $\nearrow 0,025 \text{ Б}$	НУЗП 4.02153.	Пристосування контрольне	100%	
18	2. - $\nearrow 0,05 \text{ Б}$	НУЗП 4.02153.	Пристосування контрольне	100%	
19					
20					
OK					

НУЗП 0214.125010

Листів
2

Лист
2

НУЗП 7125150.010 МЗ-111.6114.1.00070

Опер.
070