

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний факультет
Кафедра «Технологія машинобудування»

Пояснювальна записка

до дипломного проекту
перший (бакалаврський)

на тему: «Розробка технологічного процесу виготовлення наскрізної кришки
підшипника циліндричного редуктора»

Виконав: студент 4 курсу, групи М-110сп
Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма
«Технології машинобудування»

Волоткевич Д.С.

Керівник Гончар Н.В.

Рецензент Матюхін А.Ю.

м. Запоріжжя

2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інститут, факультет: Машинобудівний

Кафедра: Технологія машинобудування

Ступінь вищої освіти: перший (бакалаврський)

Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма: «Технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри: С.І. Дядя

«_____» _____ 2023 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТА**

Волоткевича Дмитра Сергійовича

1. Розробка технологічного процесу виготовлення наскрізної кришки підшипника циліндричного редуктора.

Керівник проекту: Гончар Н.В..

Затверджені наказом закладу вищої освіти від: 03.04.2023 року №83

2. Строк подання студентом проекту: 08.06.2023 року.

3. Вихідні дані до проекту: робоче креслення деталі; річна програма випуску N = 2500 деталей.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: 1 Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3 Розробка планування дільниці; 4 Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів; 5 Охорона праці.

5.Перелік графічного матеріалу: креслення деталі; креслення заготовки; плакат 3D-моделей деталі та заготовок; плакат МВД; плакат з скріншотами послідовності підготовки керуючої програми в NX; креслення робочого пристосування; плакат з розрахунком на міцність деталі.

6. Консультанти розділів проекту.

Розділ	Прізвище, ініціали консультанта	Підпис, дата	
		Видав	Прийняв виконане
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	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Технологічна частина	28.02.2023	
2	Конструкторська частина	14.04.2023	
3	Розробка планування ділянки	26.04.2023	
4	Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки	07.05.2023	
5	Охорона праці	13.05.2023	
6	Оформлення пояснювальної записки	31.05.2023	
7	Нормоконтроль і рецензія	04.06.2023	
8	Захист курсового проекту	08.06.2023	

Студент _____ Волоткевич Д.С.

Керівник проекту _____ Гончар Н.В.

РЕФЕРАТ

ПЗ: 133с., 47 рисунків, 12 таблиць, 2 додатка, 15 посилань.

КРИШКА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, СТАЛЬ, ЗАГОТОВКА, МОДЕЛЬ, ТОЧНІСТЬ, ШОРСТКІСТЬ, ДЕТАЛЬ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, НОРМУВАННЯ, ПРИСТОСУВАННЯ, РОЗМІР, ПРИПУСК, ДОПУСК, ЕСКІЗ, МОДЕЛЮВАННЯ, ВЕРСТАТ.

Об'єкт дослідження – наскрізна кришка підшипника редуктора.

Мета роботи – розробка технологічного процесу виготовлення наскрізної кришки підшипника циліндричного редуктора.

Метод дослідження – таблично-аналітичний розрахунок та моделювання експлуатаційного навантаження на деталь, розробка комп'ютерної програми для керування технологічно операцією обробки деталі на верстаті з ЧПК.

В дипломному проєкті за рахунок об'єднання операцій на багатоцільовому верстаті з ЧПК і використання сучасного продуктивного обладнання та оснастки розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Кришка», передбачено економічні ризики виробництва, розраховано режими різання, норми часу, розроблено операцію з ЧПК, спроектовано робоче та запропоновано контрольне пристосування, досліджено міцносні характеристики деталі, виконано розрахунок щодо організаційних питань і кількості технологічного обладнання та робітників на дільниці, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	7
Вступ.....	8
1 Технологічна частина.....	9
1.1 Конструкція деталі та її службове призначення	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....	11
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.....	12
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі...	18
1.4.1 Вибір технологічних баз.....	18
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	19
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	27
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	27
1.6 Розрахунок режимів різання.....	34
1.7 Технічне нормування операцій.....	61
1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК.....	68
2 Конструкторська частина.....	78
2.1 Проектування робочого пристосування.....	78
2.1.1 Конструкція та принцип дії робочого пристосування.....	78
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.....	80
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу.....	83
2.2 Визначення контрольного пристосування.....	88
2.2.1 Конструкція і принципи роботи контрольного пристосування.....	88
2.3 Розрахунок на міцність деталі за допомогою комп'ютерного пакету ANSYS	89
3 Розробка планування дільниці.....	93

3.1 Обладнання. Коефіцієнт завантаженості обладнання.....	9
3.2 Визначення необхідної кількості робітників.....	96
4 Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів.....	98
5 Охорона праці. Забезпечення працездатності працівників і машин у вибухо- і пожежонебезпечних приміщеннях.....	103
Висновки.....	108
Перелік джерел посилання.....	110
Додаток А. Специфікація робочого пристосування.....	113
Додаток Б. Технологічні карти.....	115

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ГКМ - горизонтально-кувальна машина

ДСТУ - державний стандарт України

КГШП - кривошипний гарячештампвальний прес

МВД - маршрут виготовлення деталі

МОП - маршрут обробки поверхонь

ППТЯ - послідовність показників точності та якості

ТО - технічне обладнання

ТП – технологічний процес

ЧПК - числове програмне керування

ВСТУП

Метою дипломної роботи є розробка технологічного процесу виготовлення наскрізної кришки підшипника редуктора.

Основне завдання – розробка технологічного процесу виготовлення деталі з економічно доведеною ефективністю.

Кожен день в нашому житті створюється все більше і більше різноманітних машин, ефективна розробка і виготовлення яких потребує великої бази знань і навичок в галузі машинобудування в цілому. І кожен день нові машини потребують нових деталей, для яких розробляються відповідні технологічні процеси виготовлення. Основною проблемою розробки таких технологічних процесів є обмеження в наявному обладнанні, неможливість або відсутність економічної доцільності придбати нове, а також інші можливі економічні обмеження, які не дають можливості розробити ТП для найкращої якості виготовлення деталей. Але навіть при таких умовах задача технолога обрати і розробити найефективніший з можливих варіантів технологічний процес виготовлення деталі та довести економічну доцільність його застосування.

Саме такі задачі були вирішені в ході дипломної роботи.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Конструкція деталі та її службове призначення

Деталь «Кришка» є наскрізною кришкою підшипника. Наскрізна кришка підшипника використовується для запобігання проникненню забруднень, пилу, вологи та інших негативних факторів у внутрішній простір підшипника. Вона служить захисною бар'єрною структурою, що допомагає зберегти підшипник від пошкоджень та забезпечити його надійну роботу протягом тривалого періоду часу. Наскрізна кришка також може мати змащувальну функцію, допомагаючи зберегти мастило у внутрішній частині підшипника.

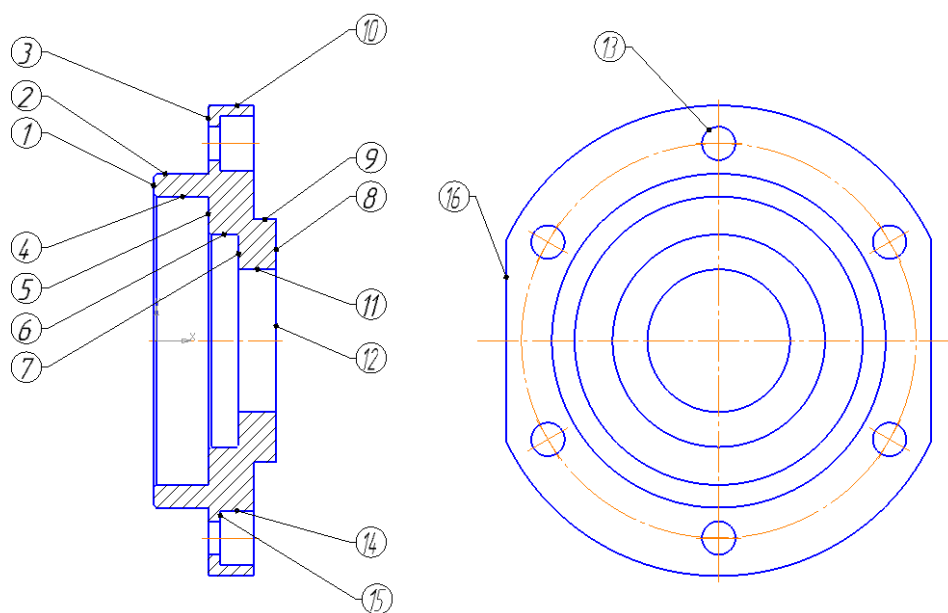


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Кришка» з нумерацією поверхонь

Деталь «Кришка» виготовляється із сталі 45, технічні вимоги ДСТУ 7809:2015. Згідно цим вимогам склад сталі 45 наданий у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 45

C	Si	Mn	P	Ni	Cr	S	Cu	Fe
0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	<0,035	<0,25	<0,25	<0,04	<0,25	~97

Сталь 45 є доволі поширеною конструкторською сталлю, яка застосовується у різних галузях, зокрема машинобудування та автомобільна промисловість. З цього сплаву виготовляють вали, зубчасті колеса, шпинделі, кулачки, осі, а також різні з'єднуючі елементи такі як болти, гайки, шпильки, тощо. Сталь 45 добре витримує напруження при передачі сил та обертання, завдяки достатньо високій міцності та зносостійкості.

У випадку, коли сталь 45 після заготівельної операції не піддають термічній обробці, у структурі цього металу переважає цементит та ферит, які роблять неможливим механічну обробку деталі. Внутрішні напруження цього сплаву будуть занадто високими, що призведе до того, що при точінні або фрезеруванні метал буде тріскатися. Щоб запобігти руйнуванню металу, потрібно застосувати термічну обробку, яка зменшить внутрішні напруження після заготівельної операції, та зробить можливим і навіть спростить механічну обробку. Вибір виду термічної обробки в першу чергу залежить від способу отримання заготовки, в нашому випадку це нормалізація. Механічні властивості конструкторської сталі 45 згідно ГОСТ 1050-2013 і ДСТУ 7809 вказані в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 45 після нормалізації

Межа плинності R _m , МПа	Межа короткочасної міцності R _{eH} , Мпа	Мінімальне відносне подовження, %	Відносне звуження, %
355	600	16	40

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Річна програма випуску деталей $N = 2500$ шт.

Для призначення типу виробництва та форми організації робіт, необхідно визначити масу деталі. Робимо це за допомогою визначення масово-центрувальних характеристик комп'ютерного пакета NX. Створюємо 3D модель деталі, та при вказаній густині металу 7826 кг/м^3 визначаємо масу (рис. 1.2).

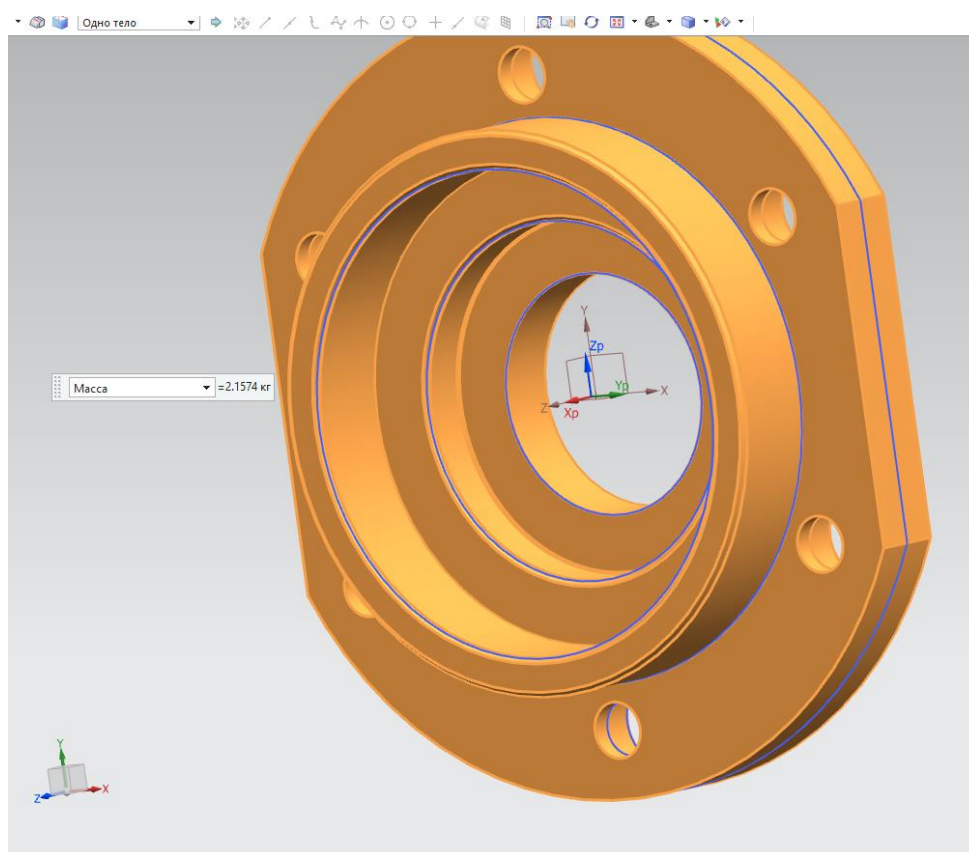


Рисунок 1.2 – 3D-модель деталі «Кришка»

Маса деталі $m = 2,16$ кг.

Тип виробництва залежить від обсягу річного випуску та маси деталі. Визначаємо тип виробництва як середньо-серійне за [1, с.15, т.1.1].

Форма організації виробництва – непотокова, а саме змінно-потокова

[1,с.18]. Ця форма організації виробництва притаманна середньо-серійному виробництву.

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Для деталей типу «Кришка» можна обрати декілька способів, але найдоцільнішим способом буде гаряче штампування. Для визначення способу отримання заготовки розглянемо та порівняємо два види штампування – штампування на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ) та штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШП).

Для подальших розрахунків потрібно визначити припуски на кожен із способів отримання заготовки. Необхідні дані беремо з таблиці [2, с. 12, табл. 1.3]. Дані для заготовки на ГКМ заносимо до таблиці 1.3, а дані для заготовки на КГШП заносимо до таблиці 1.4.

Таблиця 1.3 – Припуски на поверхні у заготовці на ГКМ

Номинальний розмір деталі, мм	Шорсткість поверхні деталі Ra, мкм	Основний припуск, мм	Розрахунок фактичного розміру поковки, мм	Допустимі граничні відхилення, мм	Фактичний розмір поковки, мм
1	2	3	4	5	6
Ø155	3,2	2,7	$155+2\cdot 2,7=160,4$	$\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \text{Ø}160,4^{+1,3} \\ -0,7 \end{matrix}$
Ø110	1,6	2,4	$110+2\cdot 2,4=114,8$	$\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \text{Ø}114,8^{+1,3} \\ -0,7 \end{matrix}$
Ø80	3,2	2,4	$80+2\cdot 2,4=84,8$	$\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \text{Ø}84,8^{+1,3} \\ -0,7 \end{matrix}$
Ø95	3,2	2,4	$95-2\cdot 2,4=90,2$	$\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \text{Ø}90,2^{+1,3} \\ -0,7 \end{matrix}$
Ø70	1,6	2,4	$70-2\cdot 2,4=65,2$	$\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \text{Ø}65,2^{+1,3} \\ -0,7 \end{matrix}$

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6
Ø47	3,2	2,3	$47-2\cdot 2,3=42,4$	$\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$	$\text{Ø}42,4\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$
40,5	3,2	2,3	$40,5+2\cdot 2,3=45,1$	$\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$	$45,1\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$
15	3,2	2,3	$15+2\cdot 2,3=19,6$	$\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$	$19,6\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$
12,5	3,2	2,3	$12,5+2\cdot 2,3=17,1$	$\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$	$17,1\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$

Таблиця 1.4 – Припуски на поверхні при заготовці на КГШП

Номинальний розмір деталі, мм	Шорсткість поверхні деталі Ra, мкм	Основний припуск, мм	Розрахунок фактичного розміру поковки, мм	Допустимі граничні відхилення, мм	Фактичний розмір поковки, мм
Ø155	3,2	2,5	$155+2\cdot 2,5=160$	$\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$	$\text{Ø}160\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$
Ø110	1,6	2,2	$110+2\cdot 2,2=114,4$	$\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$	$\text{Ø}114,4\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$
Ø80	3,2	2,2	$80+2\cdot 2,2=84,4$	$\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$	$\text{Ø}84,4\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$
Ø95	3,2	2,2	$95-2\cdot 2,2=91,6$	$\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$	$\text{Ø}90,6\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$
Ø70	1,6	2,2	$70-2\cdot 2,2=65,6$	$\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$	$\text{Ø}65,6\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$
Ø47	3,2	2,1	$47-2\cdot 2,1=43,8$	$\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$	$\text{Ø}42,8\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$
40,5	3,2	2,1	$40,5+2\cdot 2,1=42,6$	$\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$	$42,6\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$
15	3,2	2,1	$15+2\cdot 2,1=17,1$	$\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$	$17,1\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$
12,5	3,2	2,1	$12,5-2\cdot 2,1=14,6$	$\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$	$14,6\begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$

Визначаємо масу заготовок при штампуванні на ГKM (рис. 1.3) та на КГШП (рис. 1.4) за допомогою масово-центрувальних характеристик комп'ютерного пакета NX 10.

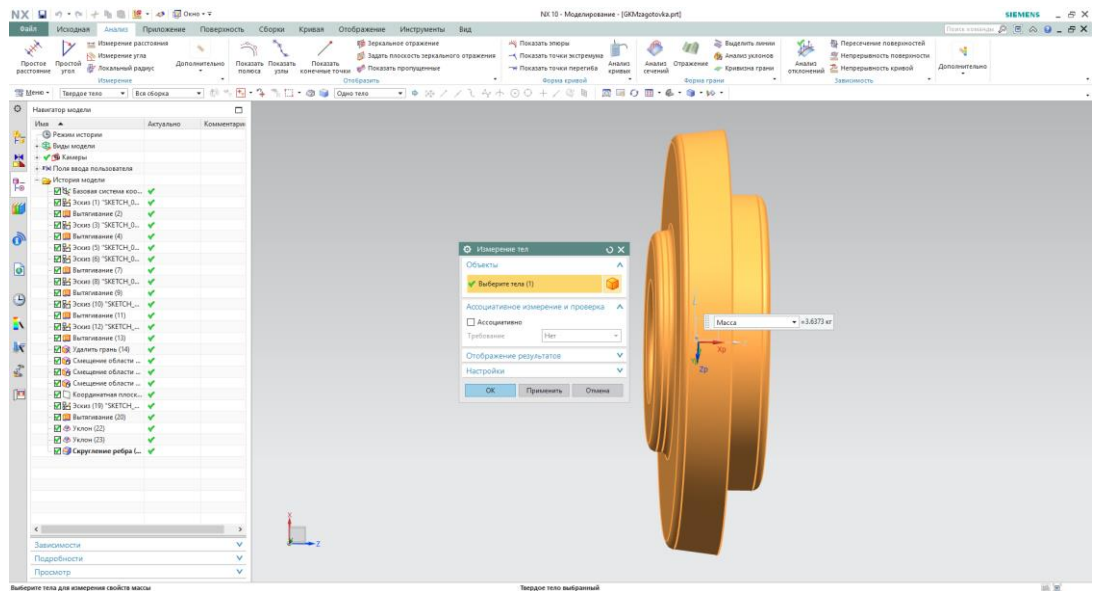


Рисунок 1.3 – Визначення маси при штампуванні ГKM

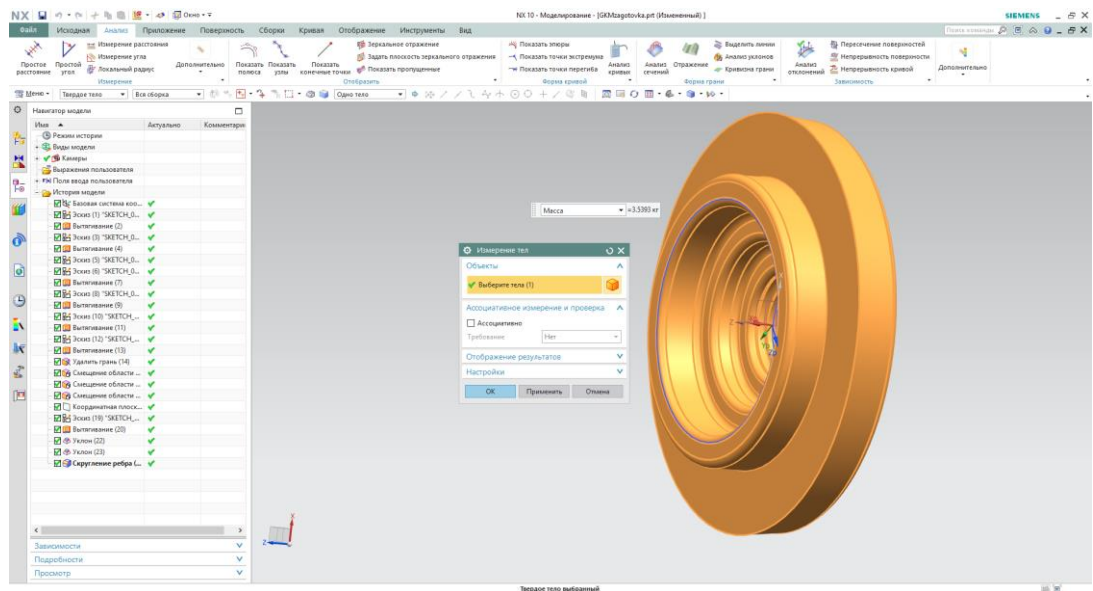


Рисунок 1.4 – Визначення маси при штампуванні на КГШП

Згідно розрахункам виконаних за допомогою масово-центрувальних характеристик комп'ютерного пакета NX 10, отримуємо наступні дані:

Маса при гарячому штампуванні на ГKM $Q_1=3,63$ кг.

Маса при штампуванні на КГШП $Q_2=3,53$ кг.

Конструктивні характеристики штампвок однакові, і будуть використовуватися при наступних розрахунках.

По ГОСТ 7505-89 для даних штампвок клас точності – Т3, група сталі

– M2, ступінь складності – C1, конфігурація по роз'єму штампа – Ис, вихідний індекс – 10.

Вартість однієї заготовки для обраного способу розраховується за формулою [2, с. 5]:

$$B_i = \frac{B_{6i}}{1000} \cdot Q_i \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_{II} - (Q_i - q) \cdot \frac{B_{отх.i}}{1000}, \quad (1.1)$$

де B_6 – базова вартість виготовлення 1т заготовок, грн. [2, с. 13 т.1.4,];

Q – вага заготовки, кг;

q – вага готової деталі, кг;

$K_T, K_M, K_B, K_C, K_{II}$ - коефіцієнти, що враховують відповідно класовості, матеріал, групу складності, масу заготовки, програму випуску[2, с. 17-18, т. 1.24-1.28];

$B_{отх}$ - вартість 1т. стружки, грн. [2, с. 13, т.1.5].

Усі визначені дані заносимо в таблицю 1.4.

Вартість однієї заготовки при штампуванні на ГKM B_1 , грн і вартість однієї заготовки при штампуванні на КГШП B_2 , грн розраховується по формулі (1.1):

$$B_1 = \frac{3150}{1000} \cdot 3,63 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 - (3,63 - 2,16) \cdot \frac{140}{1000} = 7,51$$

$$B_2 = \frac{3500}{1000} \cdot 3,53 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 - (3,53 - 2,16) \cdot \frac{140}{1000} = 8,14$$

Коефіцієнт використання матеріалу за формулою [2, с. 6]:

$$\eta = \frac{q}{Q_i} \quad (1.2)$$

Коефіцієнт використання матеріалу для штампування ГKM розраховуємо за формулою (1.2):

$$\eta_1 = \frac{2,16}{3,63} = 0,59$$

Коефіцієнт використання матеріалу для штампування на КГШП розраховуємо за формулою (1.2):

$$\eta_2 = \frac{2,16}{3,57} = 0,60$$

Річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок при штампуванні на ГКМ E_B , грн, розраховуються за формулою [2, с.6]:

$$E_B = (B_2 - B_1) \cdot N \quad (1.3)$$

$$E_B = (8,14 - 7,51) \cdot 2500 = 1575 \text{ грн}$$

Річні заощадження матеріалу при штампуванні на КГШП M , кг розраховується за формулою:

$$M = \frac{q(\eta_2 - \eta_1)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N \quad (1.4)$$

$$M = \frac{2,16(0,60 - 0,59)}{0,60 \cdot 0,59} \cdot 2500 = 152,54 \text{ кг}$$

Додаткові витрати на матеріал при штампуванні на ГКМ Z_M , грн, розраховуються за формулою:

$$Z_M = \frac{B_{B1}}{1000} \cdot M_2 \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_{\Pi} \quad (1.5)$$

$$Z_M = \frac{3150}{1000} \cdot 152,54 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 324,04 \text{ грн}$$

$$B_1 = 7,51 \text{ грн} < B_2 = 8,14 \text{ грн}$$

$$\eta_2 = 0,60 > \eta_1 = 0,59$$

$$Z_M = 324,04 \text{ грн.} < E_B = 1575 \text{ грн}$$

За результатами розрахунків робимо висновок, що заготовки при штампуванні на ГKM вигідніше, тому що потребує найменших додаткових трат, незважаючи на більшу витрату матеріалу. Ескіз обраної заготовки надається на рис. 1.5.

Результати розрахунків заносимо у таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Результати розрахунків

Показники	Позначення	Вимір	Варіант	
			ГKM	КГШП
Вага заготовки	Q	кг	3,63	3,53
Базова вартість 1т заготовки	B_B	грн	3150	3500
Коефіцієнт	K_T	-	0,9	0,9
	K_M	-	1	1
	K_B	-	1	1
	K_C	-	0,75	0,75
	K_{II}	-	1	1
Вартість 1т стружки	B_{OTX}	грн	140	140
Вартість однієї заготовки	B	грн	7,51	8,14
Коефіцієнт використання матеріалу	η	-	0,59	0,6

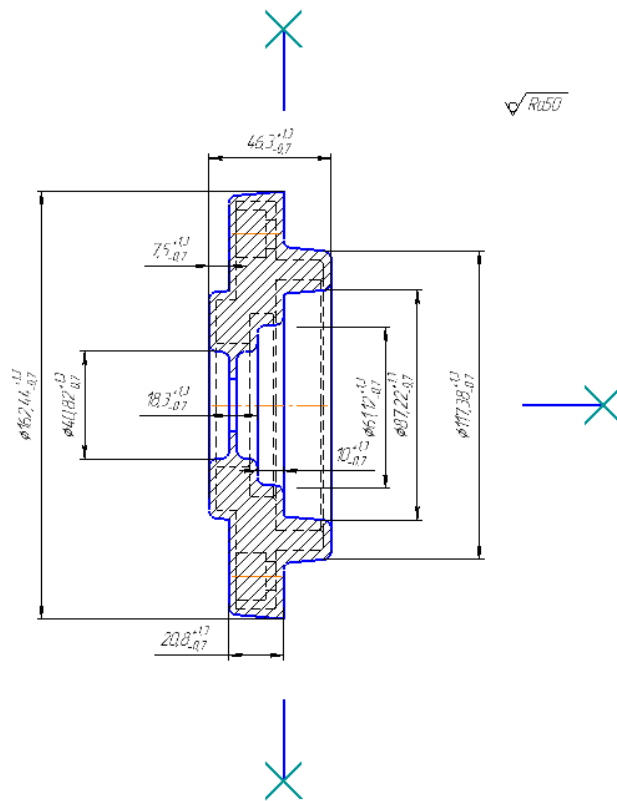


Рисунок 1.5 – Ескіз заготовки, отриманої на ГKM

1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

1.4.1 Вибір технологічних баз

Вибір технологічних баз є ключовим фактором, що визначає точність розмірів та положення поверхонь, одержуваних у процесі обробки. Цей вибір також впливає на підбір різальних та вимірювальних інструментів, верстатних пристроїв та загальну продуктивність обробки.

При виборі технологічних баз керуються такими принципами:

- принцип суміщення баз передбачає використання основних конструкторських баз як технологічні бази. Якщо технологічні та конструкторські бази не збігаються, необхідно перерахувати допуски, задані конструктором, з метою їхнього зменшення;

- принцип постійності баз передбачає використання тих самих баз на

всіх основних операціях. Для забезпечення дії цього принципу можуть створюватись додаткові елементи, що не несуть за собою конструктивного значення, такими можуть бути центрові отвори на валах та тілах обертання,

- бази повинні забезпечувати надійну та стійку установку заготовлі, гарантуючи її стабільність у процесі обробки.

Таким чином, вибір технологічних баз ґрунтується на аналізі креслення деталі, технічних вимог, виду та точності заготовлі, а також умов її розташування та роботи в машині.

Отже, враховуючи всі принципи та потреби при встановленні технологічних баз, обираємо їх (нумерація поверхонь вказана на рисунку 1.1).

На токарній операції з ЧПК для обробки поверхонь 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 використовуємо як чорнову так і чистову базу поверхню 8, а закріплюємо за поверхнею 10. В цьому випадку, через те, що заготовка має підвищену точність, ми можемо одночасно використовувати її поверхні як чорнову так і чистову бази, що значно скорочує загальний час обробки.

Для токарної обробки поверхонь 8, 9, 10, 11, 12 ми встановлюємо як базову поверхню 1, а закріплюємо за поверхнею 2. Так як поверхні 1 та 2 попередньо оброблені, база є чистовою.

Для свердління шести отворів 13, та фрезерування поверхонь 14, 15, та двох лисок 16, ми використовуємо як чистову базу поверхні 1 та 4. Закріплення йде за поверхнею 8.

1.4.2 Проєктування маршруту обробки поверхонь

Маршрут обробки поверхні (МОП) – це послідовність методів обробки, які слід виконати для досягнення встановлених параметрів поверхні, що зазначені кресленням деталі. МОП визначається за рядом наступних чинників:

- необхідні точність розмірів та точність взаємного розташування

поверхонь. Чи вищі вимоги, тим більше призначається переходи;

- навіть якщо попередня обробка задовольняє вимогам точності, вона може не задовольняти вимогам шорсткості. В таких випадках призначають додаткові переходи із шліфуванням, притиранням, суперфінішем, поліруванням, тощо;

- вид термічної обробки може значно впливати на МОП, тому що такі види термічної обробки як цементация, відпуск, гартування, азотування та інші, призводять до втрати досягнутих показників точності, для відтворення яких потрібні додаткові переходи;

- вимоги щодо якісних показників заготовки. Чим менші вимоги до заготовки, такі як точність, форми, розташування поверхонь, тим більше переходів необхідно для досягнення потрібних показників якості деталі.

Зазначені чинники впливають в основному на встановлення числа переходів. Для оцінки достатності цього числа можна скористатися поняттям «необхідне уточнення», значення якого розраховується за наступною формулою [2, с.23]:

$$\varepsilon_{oi} = \frac{T_{si}}{T_{di}}, \quad (1.6)$$

де T_{si} – допуски на i -й параметр вихідної заготовки, мкм;

T_{di} – допуск того ж i -го параметру але вже готової деталі.

На кожному наступному j -му переході забезпечується операційне уточнення i -го параметру, яке визначається за формулою [2, с.23]:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{T_{i(j-1)}}{T_{ij}}, \quad (1.7)$$

де $T_{i(j-1)}$ - технологічний допуски, що забезпечуються на попередньому переході, мкм;

T_{ij} – технологічний допуск, який забезпечується на даному переході.

Розраховуємо МОП на поверхню 2 (рисунок 1.2). Поверхня 2 – це зовнішня циліндрична поверхня, діаметром $\varnothing 110f7(-0,036_{-0,071})$, $T_{дд}=0,035\text{мм}=35\text{мкм}$, 7-ий квалітет точності та шорсткість $Ra1.6$ мкм.

Відхилення на заготовці $es=+1,3$; $ei=-0,7$ (приблизно 16-тий квалітет). Допуск заготовки $T_{дз}=2000$ мкм, шорсткість $Ra50$ мкм.

Розраховуємо загальне уточнення за допуском за формулою (1.6):

$$\varepsilon_{Td} = \frac{2000}{35} = 57,14$$

Розраховуємо загальне уточнення за шорсткістю за формулою (1.6):

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{50}{1,6} = 31,25$$

Найбільшого уточнення потребує точність, тому за цим уточненням розраховуємо необхідну кількість переходів за формулою [2, с.23-24]:

$$k_i = 2 \lg \varepsilon_{Td} \quad (1.8)$$

$$k_i = 2 \cdot \lg 57,14 = 3,51$$

Згідно розрахунку, приймаємо необхідну кількість переходів $k = 4$. МОП: заготовка, точіння чорнове, точіння чистове, точіння тонке, термообробка, шліфування.

Потрібно приблизно визначити ступені показників точності та якості поверхні, які будуть забезпечуватись на кожному наступному технологічному переході, звертаючи увагу на розраховану кількість переходів k . Розраховуємо послідовність показників точності та якості (ППТЯ):

$$\Delta = 16 - 7 = 9 \rightarrow 4 + 2 + 2 + 1$$

$$\text{IT16} \rightarrow \text{IT12} \rightarrow \text{IT10} \rightarrow \text{IT8} \rightarrow \text{T/O} \rightarrow \text{f7}$$

$$\text{Ra50} \rightarrow \text{Ra12,5} \rightarrow \text{Ra6,3} \rightarrow \text{Ra3,2} \rightarrow \text{T/O} \rightarrow \text{Ra1,6}$$

Необхідні для подальших розрахунків допуски беремо по [4, с. 13, т. 3.1].

Далі за формулою (1.7) розраховуємо уточнення за точністю за переходами:

$$\varepsilon_{Td1} = \frac{2000}{350} = 5,714$$

$$\varepsilon_{Td2} = \frac{350}{140} = 2,5$$

$$\varepsilon_{Td3} = \frac{140}{54} = 2,593$$

$$\varepsilon_{Td4} = \frac{54}{35} = 1,543$$

Розрахунок уточнення за шорсткістю за переходами також робимо за формулою (1.7):

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{50}{12,5} = 4$$

$$\varepsilon_{Ra2} = \frac{12,5}{6,3} = 1,984$$

$$\varepsilon_{Ra3} = \frac{6,3}{3,2} = 1,969$$

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

Загальну кількість переходів $j=k$ можна вважати достатньою за наступної умови [1, с.23]:

$$\prod_{j=1}^k \varepsilon_{ij} > \varepsilon_{oi} \quad (1.9)$$

Виконуємо перевірку загальної кількості переходів за точністю за формулою (1.9):

$$5,714 \cdot 2,5 \cdot 2,593 \cdot 1,543 > 57,14$$

$$57,15 > 57,14$$

Виконуємо перевірку загальної кількості переходів за шорсткістю за формулою (1.9):

$$4 \cdot 1,948 \cdot 1,968 \cdot 2 > 31,25$$

$$31,236 > 31,25$$

Через наявність обмеженої кількості знаків після коми та математичних округлень, розрахунки можуть не повністю відповідати реальним результатам, але в цілому, умови можна вважати виконаними, тому призначений маршрут обробки поверхні 2 – зовнішньої циліндричної поверхні, діаметром $\emptyset 110f7\left(\begin{smallmatrix} -0,036 \\ -0,071 \end{smallmatrix}\right)$ можна вважати дійсним.

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.6.

Прискорений розрахунок МОП на інші поверхні надається в таблиці 1.7.

Таблиця 1.6 – План обробки

Поверхня	Показник J	Уточнення ε0	Кількість переходів		МОП Метод обробки	Квалітет	Допуск Td, мм	Шорсткість Ra, мкм	Уточнення	
			Розраховане	Прийняте					По Td, мм	По Ra, мкм
Поверхня 2 – зовнішня циліндрична поверхня Ø110f7	Td	57,1	4	4	Заготівельна	IT16	2000	50	-	-
					Точіння чорнове	IT12	350	12,5	5,714	4
					Точіння чистове	IT10	140	6,3	2,5	1,984
	Ra	31,3	4	4	Точіння тонке	IT8	54	3,2	2,593	1,986
					Термічна обробка	-	-	-	-	-
					Шліфування	f7	0,035	1,6	1,543	2
Загальне уточнення									57,15	31,236

Таблиця 1.7 – Прискорений розрахунок МОП на інші циліндричні поверхні

Поверхня	Кількість переходів	ППТЯ	Метод обробки	Квалітет	Допуск T_d , мкм	Шорсткість R_a , мкм
Поверхня 4 - внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 95H8$	3	$\Delta=16-8=8 \rightarrow 4+2+2$ IT16 \rightarrow IT12 \rightarrow IT10 \rightarrow \rightarrow H8 \rightarrow T/O Ra50 \rightarrow Ra12,5 \rightarrow \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow T/O	1. Заготовка	IT16	2000	50
			2. Точіння чорнове	IT12	350	12,5
			3. Точіння чистове	IT9	87	6,3
			4. Точіння тонке	H8	54	3,2
Поверхня 6 - внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 70H10$	4	$\Delta=16-10=6 \rightarrow 3+1+1+1$ IT16 \rightarrow IT12 \rightarrow T/O \rightarrow \rightarrow H11 \rightarrow H10 Ra50 \rightarrow Ra12,5 \rightarrow \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow T/O \rightarrow Ra1,6	1. Заготовка	IT16	2000	50
			2. Точіння чорнове	IT13	460	12,5
			3. Точіння чистове	IT11	220	3,2
			4. Шліфування	H10	120	1,6

Продовження таблиці 1.7

Поверхня	Кількість переходів	ППТЯ	Метод обробки	Квалітет	Допуск Td, мкм	Шорсткість Ra, мкм
Поверхня 9 - зовнішня циліндрична поверхня Ø80h10	3	$\Delta=16-10=6 \rightarrow 3+2+1$ IT16→IT13→IT11→ →h10→T/O Ra50→Ra12,5→ →Ra6,3→Ra3,2→T/O	1. Заготовка	IT16	2000	50
			2. Точіння чорнове	IT12	300	12,5
			3. Точіння чистове	h10	120	3,2
Поверхня 10 - зовнішня циліндрична поверхня Ø155h10	3	$\Delta=16-10=6 \rightarrow 3+2+1$ IT16→IT13→IT11→ →h10→T/O Ra50→Ra12,5→ →Ra6,3→Ra3,2→T/O	1. Заготовка	IT16	2000	50
			2. Точіння чорнове	IT12	540	12,5
			3. Точіння чистове	h10	160	3,2
Поверхня 11 - внутрішня циліндрична поверхня Ø47H8	3	$\Delta=16-10=6 \rightarrow 3+2+1$ IT16→IT12→IT10→ →H8→T/O Ra50→Ra12,5→ →Ra6,3→Ra3,2→T/O	1. Заготовка	IT16	2000	50
			2. Точіння чорнове	IT12	250	12,5
			3. Точіння чистове	IT10	140	6,3
			4. Точіння тонке	H8	39	3,2

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі (МВД) – це план поопераційний план обробки заготовки, під час якого потрібно визначити та зазначити загальний план обробки заготовки, побудувати технологічний маршрут, намалювати поопераційні ескізи, визначити кількість переходів на операціях, та попередньо обрати обладнання.

Під час розробки МВД, було прийнято рішення об'єднати вертикально-свердлильну та фрезерну операції в одну, а також об'єднати дві шліфувальні операції в одну, для зменшення часу загальної обробки. Детальний МВД з поопераційними ескізами надається на 711002.001.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Розрахунок припусків на зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 110_{-0,071}^{-0,036}$ відбудуватиметься таблично-аналітичним методом.

Для того щоб визначити технологічні розміри та припуски на зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 110_{-0,071}^{-0,036}$ потрібно зазначити допуски на переходи за видами обробки, які були визначені та вказані в таблиці 1.7:

$$Td_3 = Td_1 = 2 \text{ мм}$$

$$Td_2 = 0,350 \text{ мм}$$

$$Td_3 = 0,140 \text{ мм}$$

$$Td_4 = 0,054 \text{ мм}$$

$$Td_6 = 0,035 \text{ мм}$$

Призначаємо припуски табличним методом за [3, с.41, т.4.3] для чорнового, чистового і тонкого точіння, і за [3, с.45, т.4.8] для шліфування:

- точіння чорнове: $2Z_2^{min} = 2,3 \cdot 2 = 4,6$ мм;
- точіння чистове: $2Z_3^{min} = 0,3 \cdot 2 = 0,6$ мм;
- точіння тонке: $2Z_4^{min} = 0,17 \cdot 2 = 0,34$ мм;
- шліфування: $2Z_6^{min} = 0,1 \cdot 2 = 0,2$ мм.

Розрахунки технологічних розмірів виконуємо за методом розмірних ланцюгів. Верхнє заготовки $es=+1,3$ і нижнє відхилення $ei=-0,7$ заготовки.

Розраховуємо номінальні припуски $2Z_i^H$, мм за переходами за формулами [3, с.36]:

$$\begin{aligned} 2Z_2^H &= 2Z_{min}^H + ei_3 \\ 2Z_3^H &= 2Z_{3min}^H + Td_2 \\ 2Z_4^H &= 2Z_{4min}^H + Td_3 \\ 2Z_6^H &= 2Z_{6min}^H + Td_4 + es_3 \\ 2Z_2^H &= 4,6 + 0,7 = 5,2 \\ 2Z_3^H &= 0,6 + 0,35 = 0,95 \\ 2Z_4^H &= 0,34 + 0,140 = 0,48 \\ 2Z_6^H &= 0,2 + 0,054 + (-0,036) = 0,218 \end{aligned}$$

Для зовнішньої поверхні спочатку розраховуємо номінальні розміри d_i^H , мм [3, с.36]:

$$\begin{aligned} d_i^H &= d_{i+1}^H + 2Z_i^H \\ d_6^H &= 110 \\ d_4^H &= d_6^H + 2Z_6^H = 110 + 0,29 = 110,218 \\ d_3^H &= d_4^H + 2Z_4^H = 110,218 + 0,48 = 110,698 \\ d_2^H &= d_3^H + 2Z_3^H = 110,698 + 0,95 = 111,648 \end{aligned}$$

$$d_1^H = d_2^H + 2Z_2^H = 111,73 + 5,3 = 116,948$$

А отже максимальний та мінімальний діаметри заготовки можна розрахувати за формулами:

$$d_{\text{заг.}min} = d_1^H + ei_3$$

$$d_{\text{заг.}min} = d_{\text{заг.}min} + Td_3$$

$$d_{\text{заг.}min} = 116,948 + (-0,7) = 116,248 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг.}max} = 116,948 + 1,3 = 118,248 \text{ мм}$$

Тепер маємо змогу визначити максимальні припуски на обробку за формулою $2Z_{imax}$, мм [3, с.36]:

$$2Z_{imax} = Td_{i-1} + Td_i + 2Z_i^{min}$$

$$2Z_{2max} = Td_1 + Td_2 + 2Z_2^{min} = 2 + 0,350 + 4,6 = 6,95$$

$$2Z_{3max} = Td_2 + Td_3 + 2Z_3^{min} = 0,350 + 0,140 + 0,6 = 1,09$$

$$2Z_{4max} = Td_3 + Td_4 + 2Z_4^{min} = 0,140 + 0,054 + 0,34 = 0,534$$

$$2Z_{6max} = Td_4 + Td_6 + 2Z_6^{min} = 0,054 + 0,035 + 0,2 = 0,289$$

Розрахунок загального номінального припуску проводиться за формулою:

$$2Z_0 = 2Z_2^H + 2Z_3^H + 2Z_4^H + 2Z_6^H$$

$$2Z_0 = 5,2 + 0,95 + 0,48 + 0,218 = 6,848 \text{ мм}$$

Тепер необхідно виконати перевірку розрахунків, використовуючи контрольне правило, яке можна зобразити формулою [3, с.37]:

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

$$TZ_2 = 6,95 - 4,6 = 0,350 + 2 = 2,35 \text{ мм}$$

$$TZ_3 = 1,09 - 0,6 = 0,140 + 0,350 = 0,49 \text{ мм}$$

$$TZ_4 = 0,534 - 0,34 = 0,140 + 0,054 = 0,194 \text{ мм}$$

$$TZ_6 = 0,289 - 0,2 = 0,054 + 0,035 = 0,089 \text{ мм}$$

Впевнившись в коректності розрахунків припусків, виконуємо загальні перевірки розрахунків за формулами:

$$2Z_{0 \max} = d_{\text{заг max}} - d_{\text{дет min}} = 118,248 - 109,929 = 8,319 \text{ мм}$$

$$2Z_{0 \min} = d_{\text{заг min}} - d_{\text{дет max}} = 116,248 - 109,964 = 6,284 \text{ мм}$$

$$TZ_0 = 2Z_{\max} - 2Z_{0 \min} = Td_3 + Td_{\text{дет}}$$

$$TZ_0 = 8,319 - 6,284 = 2 + 0,035 = 2,035 \text{ мм}$$

Згідно перевірки, розрахунки виконано правильно.

Тепер маємо змогу визначити технологічні виконавчі розміри, зважаючи на те, що кількість знаків після коми в номінальному розмірі, повинна бути така ж, як кількість знаків після коми в допуску. Розмір на останньому переході тотожний розміру на кресленні.

Технологічні виконавчі розміри за переходами:

- заготовка: $d_{\text{заг вик}} = \varnothing 116,9^{+1,3}_{-0,7}$ мм;

- точіння чорнове: $d_2 = \varnothing 111,65_{-0,35}$ мм;

- точіння чистове: $d_3 = \varnothing 110,69_{-0,14}$ мм;

- точіння тонке: $d_3 = \varnothing 110,218_{-0,054}$;

- шліфування: $d_6 = \varnothing 110_{-0,071}^{-0,036}$ мм.

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.8

Схема припусків на поверхню $\varnothing 110_{-0,071}^{-0,036}$ на (рис. 1.6).

Таким же чином розраховуються припуски на інші циліндричні поверхні. Припуски на розміри по довжині визначаються по таблицям [4, с.45-46, т.4.9-4.10].

Результати заносимо у таблицю 1.9.

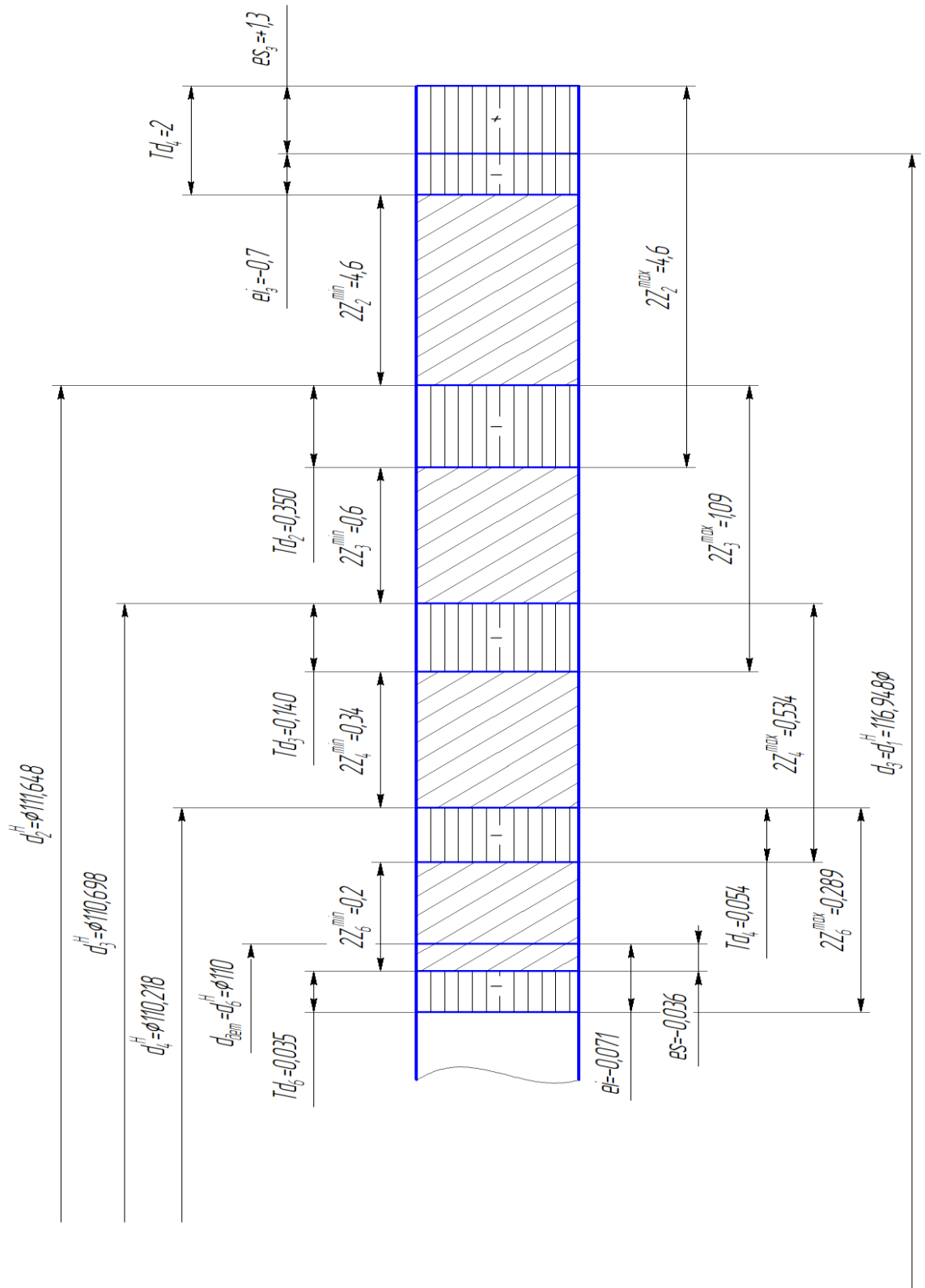


Рисунок 1.6 – Схема припусків на поверхню $\varnothing 110_{-0.071}^{-0.036}$

Таблиця 1.8 – Результат розрахунків припусків

Поверхня	Перехід	Допуск Td, мм	Припуски, мм			Діаметри обробки d, мм			Виконавчий розмір, мм
			2Zmin	2Zo	2Zmax	Номинал	min	max	
Зовнішня циліндрична поверхня Ø110f7	1. Заготовка	2	-	-	-	116,948	116,248	118,248	Ø116,9 ^{+1,3} _{-0,7}
	2. Розточування чорнове	0,35	4,6	5,2	6,95	111,648	111,298	111,648	Ø111,64 _{-0,35}
	3. Розточування чистове	0,14	0,6	0,95	1,09	110,698	110,558	110,698	Ø110,69 _{-0,14}
	4. Розточування тонке	0,054	0,34	0,48	0,534	110,218	110,164	110,218	Ø110,218 _{-0,054}
	6. Шліфування	0,035	0,2	0,218	0,289	110	109,065	110	Ø110 ^{-0,036} _{-0,071}

Таблиця 1.9 – Припуски на поверхні

Поверхня	Перехід	Допуск Td, мм	Припуски, мм			Діаметри обробки d, мм			Виконавчий розмір, мм
			2Zmin	2Zo	2Zmax	H	min	max	
Внутрішня циліндрична поверхня Ø47H8	1. Заготовка	2	-	-	-	41,311	40,611	42,611	Ø41,3 ^{+1,3} _{-0,7}
	2. Розточування чорнове	0,25	3,2	3,9	5,45	45,211	45,211	45,461	Ø45,21 ^{+0,25}
	3. Розточування чистове	0,1	1,2	1,45	1,55	46,61	46,61	46,71	Ø46,6 ^{+0,1}
	4. Розточування тонке	0,039	0,2	0,339	0,339	47	47	47,039	Ø47 ^{+0,039}

Продовження таблиці 1.9

Поверхня	Перехід	Допуск Td, мм	Припуски, мм			Діаметри обробки d, мм			Виконавчий розмір, мм
			2Zmin	2Zo	2Zmax	H	min	max	
Внутрішня циліндрична поверхня Ø70H10	1. Заготовка	2	-	-	-	61,68	60,98	62,98	Ø61,6 ^{+1,3} _{-0,7}
	2. Розточування чорнове	0,46	4	4,7	6,46	66,38	66,38	66,84	Ø66,38 ^{+0,46}
	3. Розточування чистове	0,22	1,8	2,26	2,48	68,86	68,86	69,08	Ø68,86 ^{+0,22}
	4. шліфування	0,12	0,8	1,14	1,14	70	70	70,12	Ø70 ^{+0,12}
Зовнішня циліндрична поверхня Ø80H10	1. Заготовка	2	-	-	-	85,6	84,9	86,9	Ø85,6 ^{+1,3} _{-0,7}
	2. Точіння чорнове	0,3	4	4,7	6,3	80,9	80,6	80,9	Ø80,9 _{-0,3}
	3. Точіння чистове	0,12	0,6	0,9	1,02	80	79,88	80	Ø80 _{-0,12}
Зовнішня циліндрична поверхня Ø95H8	1. Заготовка	2	-	-	-	87,863	87,163	89,163	Ø87,8 ^{+1,3} _{-0,7}
	2. Точіння чорнове	0,35	4	4,7	6,35	92,563	92,563	92,913	Ø92,56 ^{+0,35}
	3. Точіння чистове	0,087	1,8	2,15	2,237	94,713	94,713	94,8	Ø94,713 ^{+0,087}
	4. Точіння тонке	0,054	0,2	0,287	0,341	95	95	95,054	Ø95 ^{+0,054}
Зовнішня циліндрична поверхня Ø155H10	1. Заготовка	2	-	-	-	162,44	161,74	163,74	Ø162,44 ^{+1,3} _{-0,7}
	2. Точіння чорнове	0,54	5,6	6,3	8,84	156,14	155,6	156,14	Ø156,14 _{-0,54}
	3. Точіння чистове	0,16	0,6	1,14	1,84	155	154,84	155	Ø155 _{-0,16}

подача S , мм/об по [4, с.266, т.11] для чорнової обробки, по [4, с.267, т.12] для чорнового розточування, по [4, с.268, т.14] для чистової обробки.

Знаючи глибину різання та подачу, можна розрахувати швидкість різання V , м/хв по формулі [4, с.265]:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (1.11)$$

де C_v , m , t , y – коефіцієнт та показники степенів, що залежать від виду обробки, матеріалу ріжучої частини інструмента та подачі, та визначаються табличним методом по [4, с.269-270, т. 17];

T – стійкість інструмента, залежить від матеріалу ріжучої частини та кількості одночасно працюючих інструментів, що обробляють деталь. Для одноінструментної обробки зазвичай дорівнює $T=30\dots60$ хв [4, с.268];

K_v – поправочний коефіцієнт:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}, \quad (1.12)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує фізико-механічні властивості матеріалу заготовки, і для сталі визначається по формулі [4, с.261, т.1]:

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n, \quad (1.13)$$

де K_r – коефіцієнт, який залежить від матеріалу заготовки та матеріалу різальної частини інструмента [4, с.262, т.2];

σ_B – межа міцності матеріалу заготовки, МПа (див. табл.1.2);

n – показник степеню, що враховує вид різального інструменту та його матеріал [4, с.262, т.2];

K_{pv} – коефіцієнт, що залежить від стану поверхні заготовки, і визначається по таблиці [4, с.263, т. 5];

K_{iv} – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання, та визначається по таблиці [4, с.263, т. 6].

Знаючи швидкість різання, розраховуємо частоту обертання шпинделя заготовки або інструмента n , об/хв по формулі [4, с.280]:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \quad (1.14)$$

де D – діаметр заготовки або інструменту.

Після розрахунку частоти обертання, частіше за все розраховують частоту обертання корегують до найближчого меншого значення частоти обертання по паспорту верстата n_d . Якщо верстат має безступеневу зміну частоти передач, то значення n або залишають незмінним, або округлюють до найближчого цілого числа.

У випадку, коли частота обертання була скорегована, розраховують V_d , м/хв по формулі яка виходить з формули (1.14):

$$v_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} \quad (1.15)$$

При токарній обробці основною та найбільшою силою різання є тангенціальна сила різання P_z , Н, яка розраховується за формулою [4, с.271]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p, \quad (1.16)$$

де C_p – постійна, що залежить від матеріалу заготовки, матеріалу ріжучої частини інструмента та виду обробки, і визначається по таблиці [4, с.273, т.22];

x , y , n – показники степенів, які залежать від матеріалу заготовки, матеріалу ріжучої частини інструмента та виду обробки, і визначається по таблиці [4, с.273, т.22];

K_p – поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання, та розраховується за формулою [4, с.271]:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (1.17)$$

де $K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p}$ – коефіцієнти що залежать від геометрії інструмента;

K_{mp} – коефіцієнт, що враховує вплив якості матеріалу заготовки на силові залежності, та розраховується за формулою [4, с.264, т.9]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n, \quad (1.18)$$

де n – показник степеню, що враховує вид обробки [4, с.264, т.9].

Потужність різання N , кВт визначається за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot v_d}{1020 \cdot 60} \quad (1.19)$$

Після визначення потужності різання, потрібно провести перевірочний розрахунок за формулою:

$$N \leq N_{дв}, \quad (1.20)$$

де $N_{дв}$ – потужність двигуна верстата, кВт.

Для завершення розрахунків режимів різання, необхідно визначити машинний час t_o , хв за формулою [5, с.47]:

$$t_o = \frac{L_{p.x.}}{n_d \cdot S_o} \cdot i, \quad (1.21)$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу, що визначається за формулою:

$$L_{p.x.} = \Delta + y + l, \quad (1.22)$$

де $\Delta + y$ – величина пробігу та врізання, залежить від виду обробки;

l – довжина поверхні що обробляється.

При фрезерній обробці кінцевою фрезою окрім глибини різання визначають ще й ширину різання, яка залежить від поверхні що обробляється, та визначається по схемі (рис. 1.7):

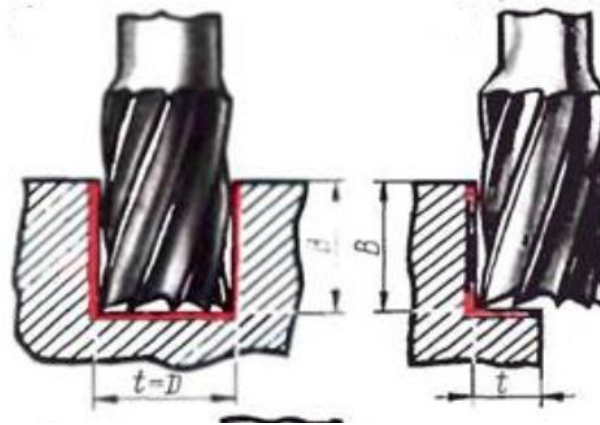


Рисунок 1.7 – Схема обробки кінцевою фрезою [4, 282]

При фрезеруванні частіше всього працюють з подачею на зуб S_z , мм/зуб, яка визначається табличним методом по [4, с.283-286, т.33-38].

Формула розрахунку швидкості різання при фрезеруванні виглядає наступним чином:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v, \quad (1.23)$$

де D – діаметр фрези, мм;

T – стійкість фрези, що залежить від матеріалу [4, с.290, т.40], хв;

z – кількість зубів фрези;

C_v, q, m, x, y, u, p – постійна та показники степенів, що враховують вид обробки, інструмент, матеріал деталі та матеріал ріжучої частини інструменту [4, с.287, т.39].

Для розрахунку сили різання P_z використовують наступну формулу [4, с.282]:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n_d} \quad (1.24)$$

де C_p, x, y, n, q – постійна та показники степенів, що залежать від фрези,

матеріалу ріжучої частини, та матеріалу деталі.

При фрезеруванні досить важливим є визначення крутного моменту $M_{кр}$, Н·м за формулою [4, с.490]:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} \quad (1.25)$$

Розрахунок потужності при фрезеруванні N , кВт виконується за формулою [4, с.490]:

$$N = \frac{P_z v_d}{1020 \cdot 60} \quad (1.26)$$

Машинний час при фрезеруванні t_o , хв розраховується за формулою [5, с.48]:

$$t_o = \frac{L_{р.х.}}{S_{хв}} \cdot i, \quad (1.27)$$

де $S_{хв}$ - хвилинна подача, хв, $S_{хв} = S_z \cdot z \cdot n_d$.

Для того щоб безпечно забезпечити необхідні режими різання при обробці беремо максимальні припуски і діаметри з таблиць 1.8-1.9.

Розраховуємо режими різання на операцію 020 Токарна з ЧПУ (рис. 1.8, а).

Перехід 1 – Точіння чорнове поверхонь 8, 9, 10, 11.

Призначаємо інструмент – різець контурний, Т15К6 $\varphi=95^\circ$ по ГОСТ 20872-80.

Припуск $h=8,84$ мм; максимальний діаметр при обробці $d_{max}=163,74$ мм.

Розраховуємо глибину різання за формулою (1.10):

$$t = \frac{8,84}{2} = 4,42 \text{ мм}$$

Подачу призначаємо по таблиці, $S_o=1,2$ мм/об.

Для розрахунку K_{mv} визначаємо $n=1$ і $K_r=1$. Розраховуємо K_{mv} за формулою (1.13):

$$K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25$$

Для розрахунку K_v визначаємо $K_{nv}=0,8$ та $K_{ив}=1$. Розраховуємо K_v за формулою (1.12):

$$K_v = 1,25 \cdot 0,8 \cdot 1 = 1$$

Коефіцієнти для визначення швидкості різання v , м/хв визначаємо по таблиці:

$$C_v=340; m=0,2; x=0,15; y=0,45.$$

Визначаємо стійкість інструмента $T=30$ хв.

Розраховуємо швидкість різання:

$$v = \frac{340}{30^{0,2} \cdot 4,42^{0,15} \cdot 1,2^{0,45}} \cdot 1 = 127,96 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою (1.14):

$$n = \frac{1000 \cdot 127,96}{3,14 \cdot 163,74} = 248,8 \text{ об/хв}$$

$$n_d = 248 \text{ об/хв}$$

Розраховуємо дійсну швидкість різання за формулою (1.15):

$$v_d = \frac{3,14 \cdot 163,74 \cdot 248}{1000} = 127,5 \text{ м/хв}$$

Визначаємо коефіцієнт для визначення K_{mp} $n = 0,75$. Розраховуємо K_{mp} за формулою (1.18):

$$K_{mp} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,84$$

Визначаємо коефіцієнти для визначення K_p :

$$K_{\varphi p} = 0,89;$$

$$K_{\gamma p} = 1,16;$$

$$K_{\lambda p} = 1;$$

$$K_{rp} = 1.$$

Розраховуємо K_p за формулою (1.17):

$$K_p = 0,84 \cdot 0,89 \cdot 1,16 \cdot 1 \cdot 1 = 0,86$$

Визначаємо коефіцієнти для визначення сили різання P_z , Н:

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15.$$

Розраховуємо силу різання за формулою (1.16):

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 4,42^1 \cdot 1,2^{0,75} \cdot 127,5^{-0,15} \cdot 0,86 = 6624,48 \text{ Н}$$

Розраховуємо потужність за формулою (1.19):

$$N = \frac{6624,48 \cdot 127,5}{1020 \cdot 60} = 13,8 \text{ кВт}$$

Для токарного верстату з ЧПК моделі GA2000 максимальна потужність [N] = 15 кВт [6]. Робимо перевірку за формулою (1.20):

$$13,8 \text{ кВт} < 15 \text{ кВт}$$

Перевірка виконана, розрахована потужність допустима.

Визначаємо величину перебігу та врізання для токарної обробки, $\Delta + y = 5 \text{ мм}$. Розраховуємо довжину робочого ходу за формулою (1.22):

$$L_{p.x.} = 5 + 86,62 = 91,62 \text{ мм}$$

Розраховуємо машинний час за формулою (1.21):

$$t_o = \frac{91,62}{248 \cdot 1,2} \cdot 1 = 0,307 \text{ хв}$$

Розраховуємо режимі різання на другий перехід – чистове точіння поверхонь 8, 9, 10, 11.

Призначаємо інструмент – різець контурний, $\varphi=95^\circ$ по ГОСТ 20872-80.

Припуск $h=1,84$ мм; максимальний діаметр при обробці $d_{\max}=156,14$ мм.

Розраховуємо глибину різання за формулою (1.10):

$$t = \frac{1,84}{2} = 0,92 \text{ мм}$$

Подачу призначаємо по таблиці, $S_o=0,144$ мм/об.

Для розрахунку K_{mv} визначаємо $n=1$ і $K_r=1$. Розраховуємо K_{mv} за формулою (1.13):

$$K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25$$

Для розрахунку K_v визначаємо $K_{nv}=1$ та $K_{ив}=1$. Розраховуємо K_v за формулою (1.12):

$$K_v = 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 1,25$$

Коефіцієнти для визначення швидкості різання v , м/хв визначаємо по таблиці: $C_v=340$; $m=0,2$; $x=0,15$; $y=0,45$.

Визначаємо стійкість інструмента $T=30$ хв.

Розраховуємо швидкість різання:

$$v = \frac{340}{30^{0,2} \cdot 0,92^{0,15} \cdot 0,144^{0,45}} \cdot 1 = 521,85 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою (1.14):

$$n = \frac{1000 \cdot 521,85}{3,14 \cdot 156,14} = 1064,39 \text{ об/хв}$$

$$n_d = 1064 \text{ об/хв}$$

Розраховуємо дійсну швидкість різання за формулою (1.15):

$$v_d = \frac{3,14 \cdot 156,14 \cdot 1064}{1000} = 521,65 \text{ м/хв}$$

Визначаємо коефіцієнт для визначення K_{mp} $n = 0,75$. Розраховуємо K_{mp} за формулою (1.18):

$$K_{mp} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,84$$

Визначаємо коефіцієнти для визначення K_p : $K_{\varphi p} = 0,89$; $K_{\gamma p} = 1,16$;

$K_{\lambda p} = 1$; $K_{r p} = 1$. Розраховуємо K_p за формулою (1.17):

$$K_p = 0,84 \cdot 0,89 \cdot 1,16 \cdot 1 \cdot 1 = 0,86$$

Визначаємо коефіцієнти для визначення сили різання P_z , Н: $C_p = 300$;
 $x = 1$; $y = 0,75$; $n = -0,15$. Розраховуємо силу різання за формулою (1.16):

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,92^1 \cdot 0,144^{0,75} \cdot 521,85^{-0,15} \cdot 0,86 = 216,24 \text{ Н}$$

Розраховуємо потужність за формулою (1.19):

$$N = \frac{216,24 \cdot 521,85}{1020 \cdot 60} = 1,84 \text{ кВт}$$

Для токарного верстату з ЧПК моделі GA2000 максимальна потужність

$[N] = 15$ кВт [6]. Робимо перевірку за формулою (1.20):

$$1,84 \text{ кВт} < 15 \text{ кВт}$$

Перевірка виконана, розрахована потужність допустима.

Визначаємо величину перебігу та врізання для токарної обробки, $\Delta + y = 5$ мм. Розраховуємо довжину робочого ходу за формулою (1.22):

$$L_{p.x.} = 5 + 80,82 = 85,82 \text{ мм}$$

Розраховуємо машинний час за формулою (1.21):

$$t_o = \frac{85,82}{1064 \cdot 0,144} \cdot 1 = 0,56 \text{ хв}$$

Розраховуємо режимі різання на третій перехід – чорнове розточування поверхонь 12, 13.

Призначаємо інструмент – різець розточний 16x12, T15K6 $\varphi=5^\circ$ по ГОСТ 18883-73.

Подвійний припуск 5,45 мм; максимальний діаметр при обробці $d_{\max}=45,461$ мм.

Розраховуємо глибину різання за формулою (1.10):

$$t = \frac{5,45}{2} = 2,725 \text{ мм}$$

Подачу призначаємо по таблиці, $S_o=0,15$ мм/об.

Для розрахунку K_{mv} визначаємо $n=1$ і $K_r=1$. Розраховуємо K_{mv} за формулою (1.13):

$$K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25$$

Для розрахунку K_v визначаємо $K_{nv}=0,8$ та $K_{ив}=1$. Розраховуємо K_v за формулою (1.12):

$$K_v = 1,25 \cdot 0,8 \cdot 1 = 1$$

Коефіцієнти для визначення швидкості різання v , м/хв визначаємо по таблиці: $C_v=420$; $m=0,2$; $x=0,15$; $y=0,2$.

Визначаємо стійкість інструмента $T=30$ хв.

Розраховуємо швидкість різання з коефіцієнтом 0,9 для розточування:

$$v = \frac{420}{30^{0,2} \cdot 2,725^{0,15} \cdot 0,15^{0,45}} \cdot 1 \cdot 0,9 = 240,92 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою (1.14):

$$n = \frac{1000 \cdot 240,92}{3,14 \cdot 45,461} = 1687,7 \text{ об/хв}$$

$$n_d = 1687 \text{ об/хв}$$

Розраховуємо дійсну швидкість різання за формулою (1.15) з коефіцієнтом 0,9 для розточування:

$$v_d = \frac{3,14 \cdot 46,461 \cdot 1067}{1000} = 240,81 \text{ м/хв}$$

Визначаємо коефіцієнт n для визначення K_{mp} $n = 0,75$. Розраховуємо K_{mp} за формулою (1.18):

$$K_{mp} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,84$$

Визначаємо коефіцієнти для визначення K_p : $K_{\varphi p}=1$; $K_{\gamma p}=1$; $K_{\lambda p}=1$; $K_{rp}=0,87$. Розраховуємо K_p за формулою (1.17):

$$K_p = 0,84 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,73$$

Визначаємо коефіцієнти для визначення сили різання P_z , Н: $C_p = 300$;
 $x = 1$; $y = 0,75$; $n = -0,15$. Розраховуємо силу різання за формулою (1.16):

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,725^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 240,81^{-0,15} \cdot 0,73 = 631,16 \text{ Н}$$

Розраховуємо потужність за формулою (1.19):

$$N = \frac{631,16 \cdot 240,81}{1020 \cdot 60} = 2,48 \text{ кВт}$$

Для токарного верстату з ЧПК моделі GA2000 максимальна потужність [N] = 15 кВт [6]. Робимо перевірку за формулою (1.20):

$$1,84 \text{ кВт} < 15 \text{ кВт}$$

Перевірка виконана, розрахована потужність допустима.

Визначаємо величину перебігу та врізання для токарної обробки, $\Delta + y = 5$ мм. Розраховуємо довжину робочого ходу за формулою (1.22) враховуючи врізання та перебіг:

$$L_{p.x.} = 5 + 12,5 = 17,5 \text{ мм}$$

Розраховуємо машинний час за формулою (1.21):

$$t_o = \frac{17,5}{1687 \cdot 0,15} \cdot 1 = 0,069 \text{ хв}$$

Розраховуємо режимі різання на четвертий перехід – чистове розточування поверхонь 12, 13.

Призначаємо інструмент – різець розточний 16x12 T15K6, $\varphi=5^\circ$ по ГОСТ 18883-73.

Припуск $h=1,55$ мм; максимальний діаметр при обробці $d_{\max}=46,71$ мм.

Розраховуємо глибину різання за формулою (1.10):

$$t = \frac{1,55}{2} = 0,775 \text{ мм}$$

Подачу призначаємо по таблиці, $S_o = 0,144$ мм/об.

Для розрахунку K_{mv} визначаємо $n=1$ і $K_r=1$. Розраховуємо K_{mv} за формулою (1.13):

$$K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25$$

Для розрахунку K_v визначаємо $K_{nv}=0,8$ та $K_{ив}=1$. Розраховуємо K_v за формулою (1.12):

$$K_v = 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 1,25$$

Коефіцієнти для визначення швидкості різання v , м/хв визначаємо по таблиці: $C_v=420$; $m=0,2$; $x=0,15$; $y=0,2$.

Визначаємо стійкість інструмента $T=30$ хв.

Розраховуємо швидкість різання за формулою (1.11) з коефіцієнтом 0,9 для розточування:

$$v = \frac{420}{30^{0,2} \cdot 0,775^{0,15} \cdot 0,144^{0,2}} \cdot 1,25 \cdot 0,9 = 342,89 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою (1.14):

$$n = \frac{1000 \cdot 342,89}{3,14 \cdot 46,71} = 2338,74 \text{ об/хв}$$

$$n_d = 2339 \text{ об/хв}$$

Розраховуємо дійсну швидкість різання за формулою (1.15):

$$v_d = \frac{3,14 \cdot 46,461 \cdot 2339}{1000} = 343,05 \text{ м/хв}$$

Визначаємо коефіцієнт n для визначення K_{mp} $n = 0,75$. Розраховуємо K_{mp} за формулою (1.18):

$$K_{mp} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,84$$

Визначаємо коефіцієнти для визначення K_p :

$$K_{\varphi p} = 1;$$

$$K_{\gamma p} = 1;$$

$$K_{\lambda p} = 1;$$

$$K_{rp} = 0,87.$$

Розраховуємо K_p за формулою (1.17):

$$K_p = 0,84 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,73$$

Визначаємо коефіцієнти для визначення сили різання P_z , Н:

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15.$$

Розраховуємо силу різання за формулою (1.16):

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,775^1 \cdot 0,144^{0,75} \cdot 343,05^{-0,15} \cdot 0,73 = 164 \text{ Н}$$

Розраховуємо потужність за формулою (1.19):

$$N = \frac{164 \cdot 343,05}{1020 \cdot 60} = 0,91 \text{ кВт}$$

Для токарного верстату з ЧПК моделі GA2000 максимальна потужність [N] = 15 кВт [6]. Робимо перевірку за формулою (1.20):

$$0,91 \text{ кВт} < 15 \text{ кВт}$$

Перевірка виконана, розрахована потужність допустима.

Визначаємо величину перебігу та врізання для токарної обробки, $\Delta + y = 5$ мм. Розраховуємо довжину робочого ходу за формулою (1.22):

$$L_{p.x.} = 5 + 12,5 = 17,5 \text{ мм}$$

Розраховуємо машинний час за формулою (1.21):

$$t_o = \frac{17,5}{2339 \cdot 0,144} \cdot 1 = 0,056 \text{ хв}$$

Розраховуємо режимі різання на операцію 030 Фрезерно-свердлильну (рис. 1.8, б). Перший перехід в цій операції – свердління шести отворів 2, 3.

Призначаємо інструмент – свердло спіральне з циліндричним хвостовиком Ø11 P6M5 ГОСТ 10902-77.

Припуск $h=11$ мм, діаметр свердла $D=11$ мм. Глибина різання при свердленні розраховується за формулою:

$$t = \frac{D}{2}$$

$$t = \frac{11}{2} = 5,5 \text{ мм}$$

Подачу призначаємо по таблиці [4, с.277, т.25] – $S_o = 0,25$ мм/об.

Для розрахунку K_{mv} визначаємо $n=1$ і $K_r=1$. Розраховуємо K_{mv} за формулою (1.13):

$$K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25$$

Для розрахунку K_v визначаємо та $K_{ив}=1$ та $K_{lv}=1$ [4, с.280, т.31]. Розраховуємо K_v за формулою (1.12)

$$K_v = 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 1,25$$

Коефіцієнти для визначення швидкості різання v , м/хв визначаємо по таблиці [4, с.278, т.28]: $C_v=9,8$; $m=0,2$; $q=0,4$; $y=0,5$.

Визначаємо стійкість інструмента за [4, с.279, т.30] $T=45$ хв.

Розраховуємо швидкість різання за формулою:

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

$$v = \frac{9,8 \cdot 11^{0,5}}{45^{0,2} \cdot 0,25^{0,5}} \cdot 1,25 = 29,75 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою (1.14):

$$n = \frac{1000 \cdot 29,75}{3,14 \cdot 11} = 861,3 \text{ об/хв}$$

$$n_d = 861 \text{ об/хв}$$

Розраховуємо дійсну швидкість різання за формулою (1.15):

$$v_d = \frac{3,14 \cdot 11 \cdot 861}{1000} = 29,73 \text{ м/хв}$$

Визначаємо коефіцієнт n для визначення K_{mp} $n = 0,75$. Розраховуємо K_{mp} за формулою (1.18):

$$K_{mp} = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,84$$

При свердленні коефіцієнт K_p тотожний коефіцієнту K_{mp} : $K_p = K_{mp}$;
 $K_p = 0,84$.

Визначаємо коефіцієнти для визначення крутного моменту $M_{кр}$, Н·м:
 $C_m = 0,035$; $q = 2,0$; $y = 0,8$.

Розраховуємо крутний момент за формулою

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

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,035 \cdot 11^2 \cdot 0,25^{0,8} \cdot 0,84 = 6,93 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Розраховуємо потужність різання за формулою:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}$$

$$N_e = \frac{6,93 \cdot 861}{9750} = 0,6 \text{ кВт}$$

Для фрезерного верстату з ЧПК моделі Haas VF-4 максимальна потужність $[N] = 22,4 \text{ кВт}$ [8]. Робимо перевірку за формулою (1.20):

$$0,6 \text{ кВт} < 22,4 \text{ кВт}$$

Перевірка виконана, розрахована потужність допустима.

Визначаємо величину перебігу та врізання для свердління, $\Delta + y = 5 \text{ мм}$. Розраховуємо довжину робочого ходу за формулою (1.22):

$$L_{р.х.} = 5 + 15 = 20 \text{ мм}$$

Розраховуємо машинний час за формулою (1.21):

$$t_o = \frac{20}{861 \cdot 0,25} \cdot 6 = 0,56 \text{ хв}$$

Розрахунок режимів сил різання для другого переходу – фрезерування двох лисок 17 (рис. 1.8, б).

Інструмент – кінцева фреза з циліндричним хвостовиком діаметром $\varnothing 18 \text{ мм}$, довжина робочої частини $l = 32 \text{ мм}$, матеріал ріжучої частини P6M5,

ГОСТ 17025-71.

Припуск в даному переході дорівнює глибині різання, і визначається за формулою:

$$t = D - d ,$$

де D – діаметр фрези, мм;

d – попередній діаметр отвору.

$$t = 18 - 11 = 7 \text{ мм}$$

Ширина фрезерування B визначається висотою отвору, і дорівнює $B = 11$ мм.

Визначаємо подачу за зуб табличним методом: $S_z = 0,08$ мм/зуб.

Для розрахунку K_{mv} визначаємо $n=1$ і $K_f=1$. Розраховуємо K_{mv} за формулою (1.13):

$$K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25$$

Для розрахунку K_v визначаємо $K_{nv}=1$ та $K_{ив}=1$. Розраховуємо K_v за формулою (1.12):

$$K_v = 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 1,25$$

Визначаємо постійну і коефіцієнти для розрахунку швидкості різання: $C_v = 46,7$; $q = 0,45$; $x = 0,5$; $y = 0,5$; $u = 0,1$; $m = 0,33$.

Розраховуємо швидкість різання за формулою (1.23):

$$v = \frac{46,7 \cdot 18^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 7^{0,5} \cdot 0,08^{0,5} \cdot 11^{0,1} \cdot 4^{0,1}} \cdot 1,25 = 37,17 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо частоту обертання шпинделя за формулою (1.14):

$$n = \frac{1000 \cdot 37,17}{3,14 \cdot 18} = 657,74 \text{ об/хв}$$

$$n_d = 657 \text{ об/хв}$$

Розраховуємо дійсну швидкість різання за формулою (1.15):

$$v_d = \frac{3,14 \cdot 18 \cdot 657}{1000} = 37,13 \text{ м/хв}$$

Визначаємо коефіцієнт n для визначення K_{mp} $n = 0,33$. Розраховуємо K_{mp} за формулою (1.18):

$$K_{mp} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,84$$

Визначаємо постійну і коефіцієнти для розрахунку сил різання:

$$C_p = 68,2; x = 0,86; y = 0,72; u = n = 1,0; q = 0,86; w = 0.$$

Розраховуємо силу різання за формулою (1.24):

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 7^{0,86} \cdot 0,08^{0,72} \cdot 11^1 \cdot 4}{18^{0,86} \cdot 657^0} \cdot 0,84 = 2159,2 \text{ Н}$$

Розраховуємо крутний момент за формулою (1.25):

$$M_{кр} = \frac{2159,2 \cdot 37,13}{2 \cdot 1000} = 19,43 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

За [8] визначаємо допустимий крутний момент $[M_{кр}]$, Н·м на шпинделі – $[M_{кр}] = 122 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Робимо перевірку крутного моменту за формулою:

$$M_{кр} \leq [M_{кр}] \quad (1.28)$$

$$19,43 \text{ Н} \cdot \text{м} < 122 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Крутний момент допустимий на обраному обладнанні.

Розрахунок потужності при фрезеруванні N , кВт виконується за формулою (1.26):

$$N = \frac{2159,2 \cdot 37,13}{1020 \cdot 60} = 1,3 \text{ кВт}$$

Визначаємо величину перебігу та врізання для токарної обробки, $\Delta + y = 3$ мм. Розраховуємо довжину робочого ходу за формулою (1.22):

$$L_{\text{р.х.}} = 3 + 11 = 14 \text{ мм}$$

Розраховуємо хвилинну подачу за формулою:

$$S_{\text{хв}} = S_z \cdot z \cdot n_d \quad (1.29)$$

$$S_{\text{хв}} = 0,08 \cdot 4 \cdot 657 = 210,24 \text{ мм/хв}$$

Машинний час при фрезеруванні t_o , хв розраховується за формулою (1.27):

$$t_o = \frac{14}{210,24} \cdot 6 = 0,399 \text{ хв}$$

Розрахунок режимів і сил різання для третього переходу – фрезерування двох лисок 4:

Інструмент – кінцева фреза з циліндричним хвостовиком діаметром $\varnothing 18$ мм, довжина робочої частини $l = 32$ мм, матеріал ріжучої частини Р6М5, ГОСТ 17025-71.

Припуск в даному переході дорівнює глибині різання, і визначається за формулою:

$$t = \frac{D - L}{2}$$

де $D = 155$ мм – діаметр на якому фрезеруються лиски, мм (рис. 1.8, б);

$L = 140$ мм – довжина між лисками (рис. 1.8, б);

2 – кількість лисок що фрезеруються.

$$t = \frac{155 - 140}{2} = 7,5 \text{ мм}$$

Ширина фрезерування B визначається висотою лиски, і дорівнює $B = 15 \text{ мм}$.

Визначаємо подачу за зуб табличним методом: $S_z = 0,08 \text{ мм/зуб}$.

Для розрахунку K_{mv} визначаємо $n=1$ і $K_f=1$. Розраховуємо K_{mv} за формулою (1.13):

$$K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25$$

Для розрахунку K_v визначаємо $K_{nv}=1$ та $K_{ив}=1$. Розраховуємо K_v за формулою (1.12)

$$K_v = 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 1,25$$

Визначаємо постійну і коефіцієнти для розрахунку швидкості різання: $C_v = 46,7$; $q = 0,45$; $x = 0,5$; $y = 0,5$; $u = 0,1$; $m = 0,33$. Розраховуємо швидкість різання за формулою (1.23):

$$v = \frac{46,7 \cdot 18^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 7,5^{0,5} \cdot 0,08^{0,5} \cdot 15^{0,1} \cdot 40^{0,1}} \cdot 1,25 = 33,32 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо частоту обертання шпинделя за формулою (1.14):

$$n = \frac{1000 \cdot 33,32}{3,14 \cdot 18} = 589,19 \text{ об/хв}$$

$$n_d = 589 \text{ об/хв}$$

Розраховуємо дійсну швидкість різання за формулою (1.15):

$$v_d = \frac{3,14 \cdot 18 \cdot 589}{1000} = 33,29 \text{ м/хв}$$

Визначаємо коефіцієнт n для визначення K_{mp} $n = 0,33$. Розраховуємо K_{mp} за формулою (1.18):

$$K_{mp} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,84$$

Визначаємо постійну і коефіцієнти для розрахунку сил різання:
 $C_p = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = n = 1,0$; $q = 0,86$; $w = 0$. Розраховуємо силу різання за формулою (1.24):

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 7^{0,86} \cdot 0,08^{0,72} \cdot 11^1 \cdot 4}{18^{0,86} \cdot 657^0} \cdot 0,84 = 3124,48 \text{ Н}$$

Розраховуємо крутний момент за формулою (1.25):

$$M_{кр} = \frac{3124,48 \cdot 33,29}{2 \cdot 1000} = 28,12 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

За [8] визначаємо допустимий крутний момент $[M_{кр}]$, Н·м на шпинделі – $[M_{кр}] = 122 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Робимо перевірку крутного моменту за формулою:

$$M_{кр} \leq [M_{кр}] \quad (1.28)$$

$$28,12 \text{ Н} \cdot \text{м} < 122 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Крутний момент допустимий на обраному обладнанні.

Розрахунок потужності при фрезеруванні N , кВт виконується за формулою (1.26):

$$N = \frac{3124,48 \cdot 33,29}{1020 \cdot 60} = 1,69 \text{ кВт}$$

За [8] визначаємо допустиму потужність $[N_{дв}]$, кВт на шпинделі – $[N_{дв}] = 22,4$. Робимо перевірку потужності за формулою (1.15):

$$N \leq [N_{\text{дв}}]$$

$$1,69 \text{ кВт} < 22,4 \text{ кВт}$$

Перевірка виконана, навантаження на обраному обладнанні допустиме.

Визначаємо величину перебігу та врізання для токарної обробки, $\Delta + y = 5 \text{ мм}$. Розраховуємо довжину робочого ходу за формулою (1.22):

$$L_{\text{р.х.}} = 3 + 66,52 = 71,52 \text{ мм}$$

Розраховуємо хвилинну подачу за формулою:

$$S_{\text{хв}} = S_z \cdot z \cdot n_{\text{д}} \quad (1.29)$$

$$S_{\text{хв}} = 0,08 \cdot 4 \cdot 589 = 188,48 \text{ мм/хв}$$

Машинний час при фрезеруванні t_o , хв розраховується за формулою (1.27):

$$t_o = \frac{71,52}{188,48} \cdot 2 = 0,758 \text{ хв}$$

Режими різання на розраховані та інші операції і переходи заносяться у зведену таблицю 1.10. Режимі різання на шліфувальну операцію заносяться окремо в таблицю 1.11.

Таблиця 1.10 – Режимі різання

Операція	Перехід	Припуск h , мм	Глибина різання t , мм	Подача S_0 , мм	Дійсна швидкість різання V_d , м/хв	Дійсна частота обертання n , об/хв	Сила різання P_z , Н	Потужність різання N , кВт	Крутний момент Мкр	Основний час T_0 , хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
015 Токарна з ЧПК	1. Чорнове точіння поверхонь 1, 2, 3	6,95	3,475	1	179,38	350	3844,11	11,26	-	0,34
	2. Чистове точіння поверхонь 1, 2, 3	1,87	0,935	0,144	424,69	826	221,21	1,52	-	0,5
	3. Чорнове розточування отворів і поверхонь 4, 5, 6, 7	6,35	3,175	0,1	371,11	1243	697,8	4,22	-	0,458
	4. Чистове розточування отворів і поверхонь 4, 5, 6, 7	2,37	1,119	0,07	505,21	1693	180,51	1,48	-	0,48
									Σ	1,77

Продовження таблиці 1.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
020 Токарна з ЧПК	1. Чорнове точіння 8, 9, 10, 11	8,84	4,42	1,2	127,5	248	5514,12	11,48	-	0,307
	2. Чистове точіння 8, 9, 10, 11	1,84	0,92	0,144	521,65	1064	216,24	1,84	-	0,56
	3. Чорнове розточування отвору 12, 13	5,45	2,725	0,15	240,81	1687	631	2,48	-	0,069
	4. Чистове розточування отвору 12, 13	1,55	0,775	0,144	343,05	2339	164	0,91	-	0,056
Σ										0,992
025 Токарна з ЧПК	3. Тонке точіння поверхні 2	0,534	0,267	0,06	250	723	36,22	0,11	-	0,53
	6. Тонке розточування поверхні 4	0,341	0,171	0,04	175	586	21,09	0,06	-	0,89
	5. Тонке розточування отвору 12, 13	0,339	0,17	0,04	150,06	1016	15,56	0,03	-	0,43
Σ										1,85

Продовження таблиці 1.10

030 Фрезено- свердлильна з ЧПК	1. Свердління шести отворів 14	11	5,5	0,25	29,73	861	-	0,6	6,93	0,56
	2. Фрезерування шести отворів 15, 16	7	7	0,08 мм/зуб	37,13	657	2159,2	1,3	19,43	0,399
	3. Фрезерування двох лисок 7	7,5	7,5	0,08 мм/зуб	33,29	589	3124,48	1,69	28,12	0,758
Σ										1,717

Таблиця 1.11 – Режими різання на шліфувальну операцію

Операція	Перехід	Припуск h, мм	Глибина різання t, мм	Подача поздовжня S _{пр} , м/хв	Подача S _о , мм	Швидкість круга V _{кр} м/с	Швидкість заготовки V _з , м/хв	Частота обертання деталі n, об/хв	Потужність різання N, кВт	Основний час T _о , хв
040 Кругло- шліфувальна з ЧПК	1. Шліфування поверхні 2	0,289	0,005	3	0,051	35	20	58	0,15	0,17
	2. Шліфування поверхні 6	35	0,005	2,5	0,013	35	40	182	0,129	0,59
Σ										0,76

1.7 Технічне нормування операцій

Розрахунок з технічного нормування буде відбуватись із коефіцієнтом серійності $k=1,85$ [9, с.101].

Технічне нормування на операцію 020 Токарну з ЧПК:

Визначаємо загальний час обробки за формулою [5, с.53]:

$$t_o = t_{o1} + t_{o2} + \dots + t_{oi} , \quad (1.30)$$

де t_{o1}, t_{o2}, t_{oi} – машинний час відповідної операції, хв.

$$t_o = 0,307 + 0,56 + 0,069 + 0,056 = 0,99 \text{ хв}$$

Розраховуємо допоміжний час операції $t_{\text{доп}}$, хв за формулою [5, с.50]:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст.зн}} + t_{\text{кер}} + t_{\text{пр.р.}} + t_{\text{контр.}} , \quad (1.31)$$

де $t_{\text{вст.зн}}$ – час для встановлення та зняття деталі з пристосування, $t_{\text{вст.зн}} = 0,12 \cdot 1,85 = 0,22$ [9, с.197, т.5.1];

$t_{\text{кер}}$ – час на керування верстатом, розраховується за формулою [5, с.53]:

$$t_{\text{кер}} = t_{\text{вкл}} + t_{\text{пер.под.}} + t_{\text{пер.част.}} + t_{\text{орг.стр}} , \quad (1.32)$$

де $t_{\text{вкл}}$ – час на увімкнення та вимкнення верстату, $t_{\text{вкл}} = 0,01 \cdot 1,85 = 0,18$ [9, с.202, т.5.8];

$t_{\text{пер. под}}$ і $t_{\text{пер. част.}}$ – час на переключення частот і подач, але так як операція проводиться на верстаті з ЧПК, приймаємо значення цих параметрів за 0.

$t_{\text{орг.стр.}}$ – час на інші організаційні моменти, $t_{\text{орг.стр.}} = 0,015 \cdot 4 = 0,06$ [9, с.202, т.5.8].

$$t_{\text{кер}} = 0,18 + 0,06 = 0,24 \text{ хв}$$

$t_{\text{пр.р}}$ – час прискореного руху на підведення та відведення інструментів розраховується за формулою [5, с.53]:

$$t_{\text{пр.р}} = (t_{\text{пр.р.1}} \cdot i + t_{\text{пр.р.2}} \cdot i + \dots + t_{\text{пр.р.i}} \cdot i) \cdot k, \quad (1.33)$$

де $t_{\text{пр.р.1}}$, $t_{\text{пр.р.2}}$, $t_{\text{пр.р.i}}$ – час на підведення та відведення конкретного виду інструмента;

i – кількість інструментів.

$t_{\text{пр.р.1}}$ – час для підведення та відведення різця, $t_{\text{пр.р.1}} = 0,025 + 0,025 = 0,05$ [9, с.203, т.5.8].

Час на прискорений рух інструментів визначається за формулою (1.33):

$$t_{\text{пр.р}} = (0,05 \cdot 2) \cdot 1,85 = 0,18 \text{ хв}$$

$t_{\text{контр}}$ – час контролю оброблюваних розмірів, визначається за формулою [5, с.50]:

$$t_{\text{контр}} = k_i \cdot (t_{k1} + t_{k2} + \dots + t_{ki}) \cdot k, \quad (1.34)$$

де k_i – коефіцієнт періодичності вимірювання, приймаємо за $k = 0,5$;

t_{k1} , t_{k2} , t_{ki} – час на вимірювання розміру конкретним інструментом:

t_{k1} – час на контроль одного розміру калібр-пробкою, $t_{k1} = 0,12 \cdot 1,85 = 0,22$ [9, с.206, т.5.10];

t_{k2} – час на контроль одного розміру калібр-пробкою, $t_{k2} = 0,19 \cdot 1,85 = 0,347$ [9, с.206, т.5.10];

t_{k3} – час на контроль одного розміру шаблоном спеціальним,

$$t_{кз} = 0,07 \cdot 1,85 = 0,12 \text{ [9, с.208, т.5.14].}$$

$$t_{котр} = 0,5 \cdot (0,22 + 0,347 + 0,12 \cdot 2) = 0,4 \text{ хв}$$

Розраховуємо допоміжний час за формулою (1.31):

$$t_{доп} = 0,22 + 0,24 + 0,18 + 0,4 = 1,04 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою [5, с.50]:

$$t_{оп} = t_o + t_{доп} \quad (1.35)$$

$$t_{оп} = 0,99 + 1,04 = 2,03 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час за формулою [5, с.50]:

$$t_{дод} = t_{оп} \cdot \alpha, \quad (1.36)$$

де α - час на відпочинок та особисті потреби, $\alpha = 7\%$ [9, с.214, т.6.1].

$$t_{дод} = 2,03 \cdot 7\% = 0,14 \text{ хв}$$

Розрахунок штучного часу відбувається за наступною формулою:

$$t_{шт} = t_{оп} + t_{дод} \quad (1.37)$$

$$t_{шт} = 2,03 + 0,14 = 2,17 \text{ хв}$$

Для серійного виробництва розраховується штучно-калькуляційний час за формулою [5, с.51]:

$$t_{шт-к} = t_{шт} + \frac{t_{п-з}}{n}, \quad (1.38)$$

де $t_{п-3}$ – час на підготовчо-завершувальні роботи розраховується за формулою:

$$t_{п-3} = t_{п-31} + t_{п-32} + \dots + t_{п-3i}, \quad (1.39)$$

$t_{п-31}$ – час на налагоджування верстата, інструмента і пристосування,
 $t_{п-31} = 12$ хв;

$t_{п-32}$ – час на отримання та повернення інструментів, $t_{п-32} = 8$ хв;

$t_{п-3i}$ – час на інші підготовчо-завершувальні роботи.

$$t_{п-3} = 12 + 8 = 20 \text{ хв}$$

n – кількість виготовлених деталей в серії, визначається за формулою:

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

де $a = 5$ – періодичність запуску виробництва;

N – річна програма випуску деталей;

A – кількість робочих днів у 2024 році, $A = 250$ [10].

$$n = \frac{5 \cdot 2500}{250} = 50 \text{ шт}$$

Розраховуємо $t_{шт-к}$ за формулою (1.37):

$$t_{шт-к} = 2,17 + \frac{20}{50} = 2,57 \text{ хв}$$

Технічне нормування на операцію 030 Фрезерно-свердлильну з ЧПК:

Визначаємо загальний час обробки за формулою (1.30):

$$t_o = 0,56 + 0,399 + 0,758 = 1,717 \text{ хв}$$

Визначаємо час на увімкнення та вимкнення верстата, та на інші організаційні роботи:

$$t_{\text{вкл}} = 0,01 \cdot 1,85 = 0,18 \text{ хв}$$

$$t_{\text{орг.тех.}} = 0,04 \cdot 2 = 0,08 \text{ хв}$$

Розраховуємо час на керування верстата за формулою (1.32):

$$t_{\text{кер}} = 0,08 + 0,018 = 0,26 \text{ хв}$$

Визначаємо час на підведення та відведення інструментів:

$$t_{\text{пр.р1}} - \text{час на підведення та відведення свердла, } t_{\text{пр.р1}} = 0,01 \cdot 6 + 0,01 = 0,07 \text{ хв [9, с.203, т.5.8];}$$

$$t_{\text{пр.р2}} - \text{час на підведення та відведення фрези, } t_{\text{пр.р2}} = 0,04 \cdot 8 + 0,04 = 0,36 \text{ хв[9, с.203, т.5.8].}$$

Розраховуємо час прискореного руху за формулою (1.33):

$$t_{\text{пр.р}} = (0,07 + 0,36) \cdot 1,85 = 0,79 \text{ хв}$$

Визначаємо час на контроль розмірів конкретним інструментом:

$$t_{\text{k1}} - \text{час на контроль одного розміру калібр-пробкою, } t_{\text{k1}} = 0,09 \cdot 1,85 = 0,16 \text{ хв;}$$

$$t_{\text{k2}} - \text{час на вимірювання одного розміру штангенциркулем, } t_{\text{k2}} = 0,16 \cdot 1,85 = 0,29 \text{ хв.}$$

Визначаємо час на контроль за формулою (1.33)

$$t_{\text{контр}} = 0,5 \cdot (0,16 \cdot 12 + 0,29 \cdot 1) = 1,14 \text{ хв}$$

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.31):

$$t_{\text{доп}} = 0,18 + 0,26 + 0,79 + 1,14 = 2,37 \text{ хв}$$

Розраховуємо оперативний час за формулою (1.35):

$$t_{\text{оп}} = 2,37 + 1,717 = 4,09 \text{ хв}$$

Час на відпочинок та особисті потреби $\alpha = 8\%$ [9, с.214, т.6.1].

Визначаємо додатковий час за формулою (1.36):

$$t_{\text{дод}} = 4,09 \cdot 8\% = 0,32 \text{ хв}$$

Розраховуємо штучний час за формулою (1.37):

$$t_{\text{шт}} = 4,09 + 0,32 = 4,41 \text{ хв}$$

Визначаємо складові підготовчо-завершувального часу:

$t_{\text{пз1}} = 16$ – час на налагоджування верстата та інструмента [9, с.217, т.6.5];

$t_{\text{пз2}} = 2$ – час на установку інструмента;

$t_{\text{пз3}} = 7$ – час на отримання та повернення інструмента.

Визначити підготовчо-завершувальний час можна за формулою(1.38):

$$t_{\text{пз}} = 16 + 2 + 7 = 25 \text{ хв}$$

Розраховуємо штучно-калькуляційний час за формулою (1.38)

$$t_{\text{шт-к}} = 4,41 + \frac{25}{50} = 4,91 \text{ хв}$$

Результати розрахунків на всі операції заносяться до таблиці 1.12.

Таблиця 1.12 – Технічне нормування операцій

Операція	t_o , хв	$t_{\text{контр}}$, хв	$t_{\text{доп}}$, хв	$t_{\text{оп}}$, хв	$t_{\text{дод}}$, хв	$t_{\text{шт}}$, хв	$t_{\text{пз}}$, хв	$t_{\text{шт-к}}$, хв
015 Токарна з ЧПК	1,78	0,56	0,97	2,75	0,19	2,94	20	3,34
020 Токарна з ЧПК	0,99	0,5	1,14	2,13	0,14	2,27	20	2,67
025 Токарна з ЧПК	1,83	0,35	1,08	2,91	0,2	3,11	20	3,51
030 Фрезено- свердлильна з ЧПК	1,717	1,105	2,37	4,09	0,32	4,41	25	4,91
040 Кругло- шліфувальна	0,76	0,21	0,75	1,51	0,15	1,66	11	1,88

1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

Розробка керуючої програми проводимо на операцію 020 Токарну з ЧПК.

Створюємо 3D-модель деталі «Кришка» за допомогою комп'ютерного пакета NX 10 (рис. 1.8).

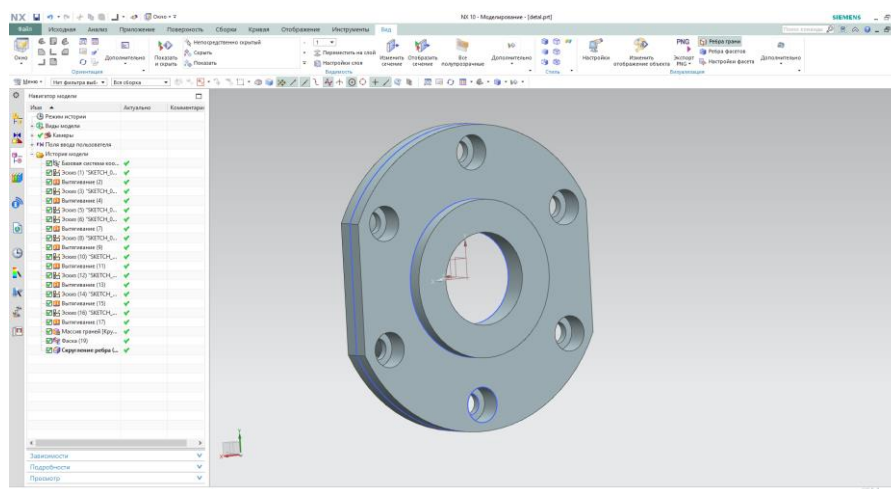


Рисунок 1.9 – 3D-модель деталі «Кришка»

Створюємо 3D-модель заготовки по максимальним припускам (табл. 1.8-1.9) для подальшої розробки керуючої програми (рис. 1.10).

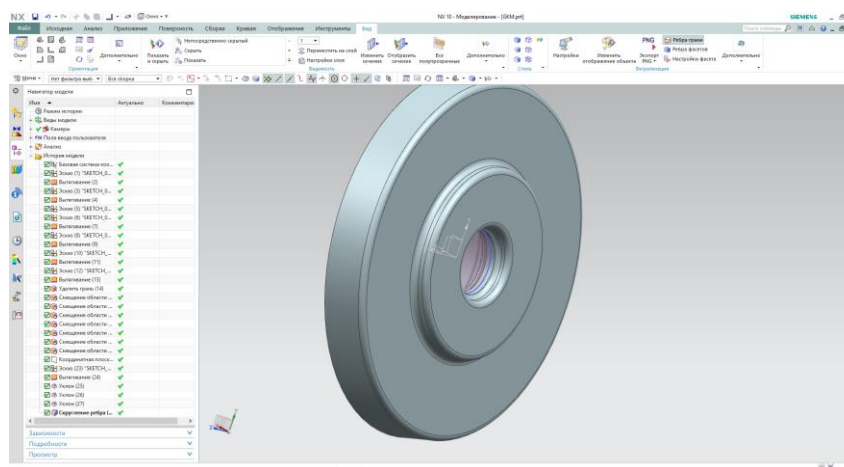


Рисунок 1.10 – 3D-модель заготовки по максимальним припускам

Далі потрібно підготувати модель заготовки так, як вона виглядає на початок операції 020 Токарної з ЧПК (рис. 1.11), або за допомогою програми «обробити» її до цього стану.

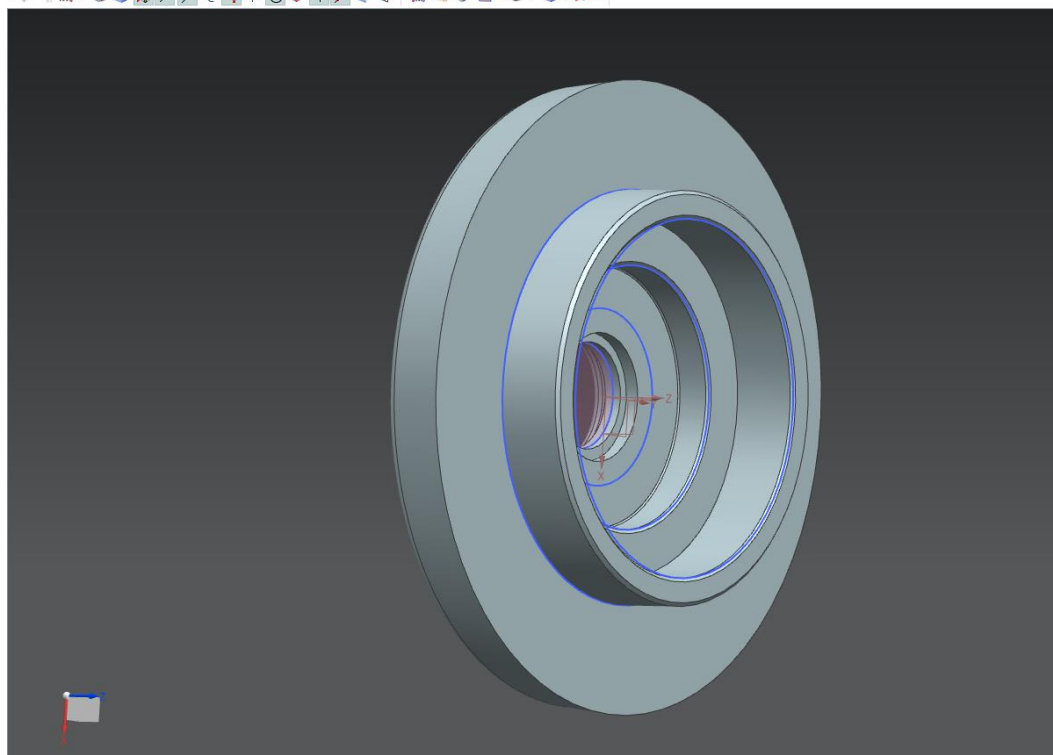


Рисунок 1.11 – Модель деталі на початку операції 020

Далі перейдемо безпосередньо до розробки керуючої програми. Відкриваємо деталь, та використовуючи функцію «Додати компонент» в меню «Складання» додаємо модель заготовки (рис. 1.12).

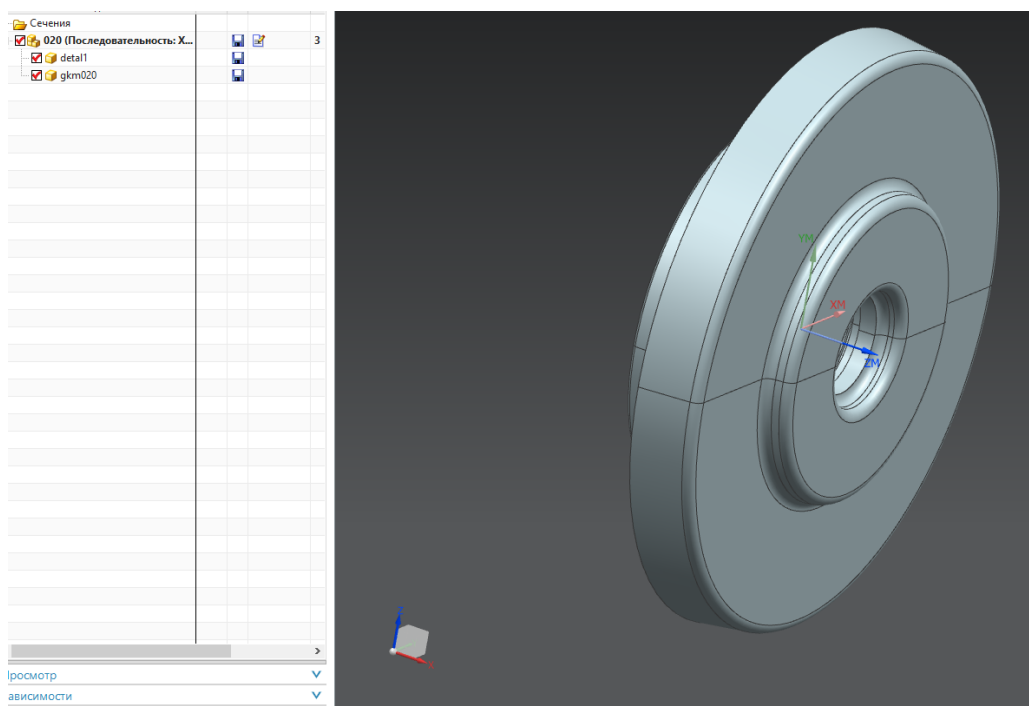


Рисунок 1.12 – Додана модель заготовки

Переходимо в розділ «Навігатор операцій» в підрозділ «Геометрія», відкриваємо налаштування геометрії WORKPIECE та задаємо моделі деталі і заготовки (рис. 1.13):

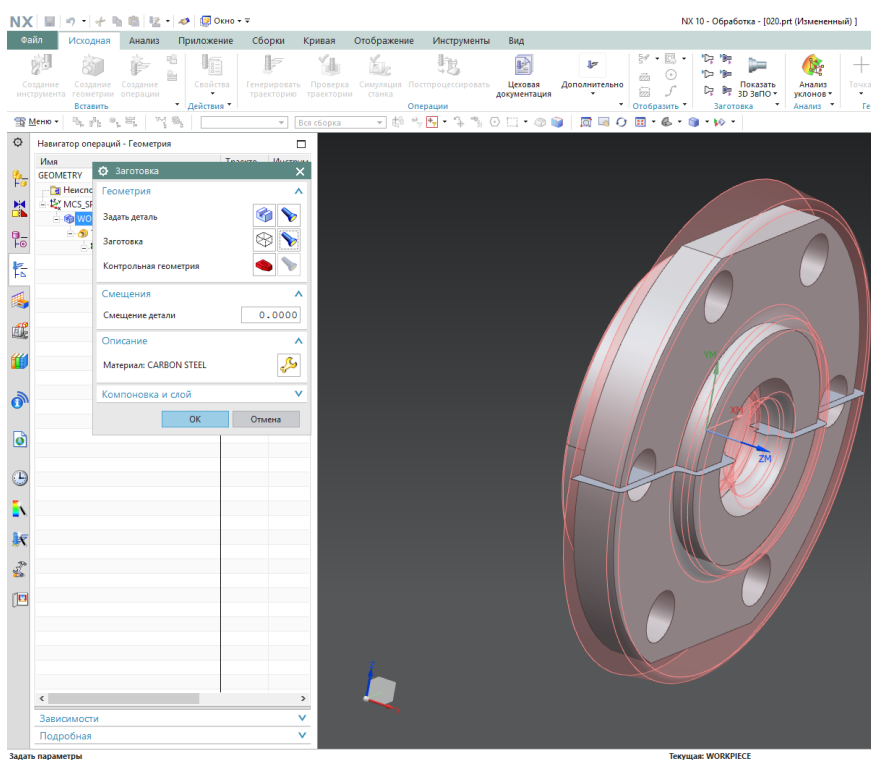


Рисунок 1.13 – Задання геометрії деталі та заготовки

Геометрія деталі і заготовки задано, тепер необхідно обрати в бібліотеці інструменти (рис. 1.14), яким ми плануємо обробляти деталь:

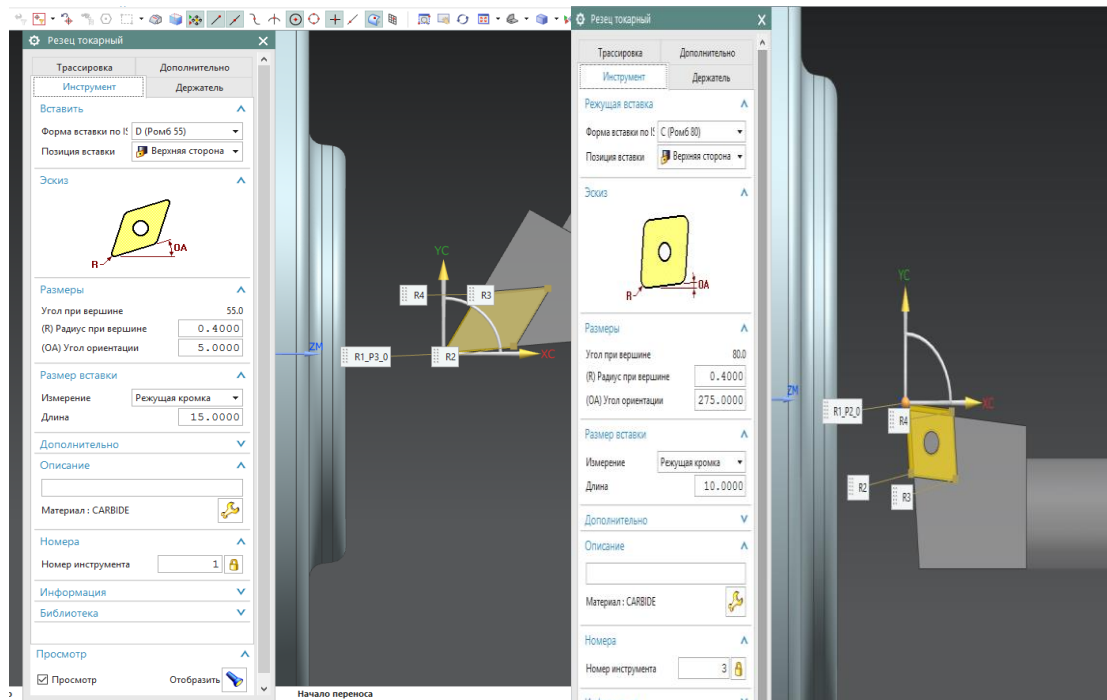


Рисунок 1.14 – Приклад вибору/створення інструментів

Повертаємось в підрозділ «Геометрія» та відкриваємо геометрію TURNING_WORKPIECE. Після відкриття налаштувань, вона налаштовується автоматично, та створює переріз заготовки з контуром деталі (рис. 1.14), що є дуже зручним для подальшої розробки програми.

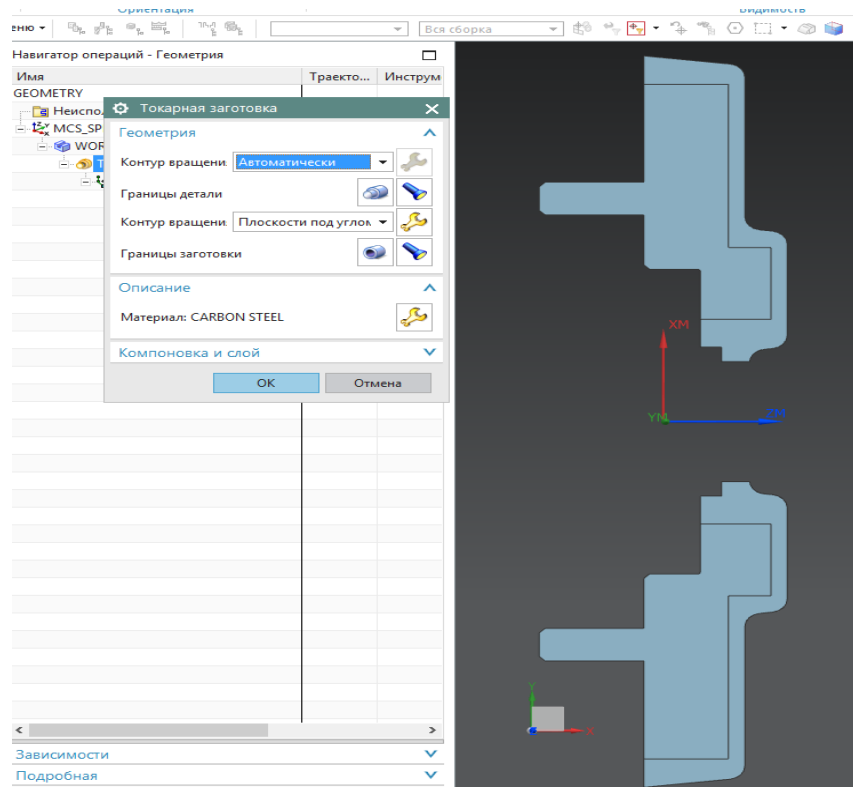


Рисунок 1.15 – Переріз заготовки з контуром деталі

Тепер відкриваємо геометрію AVOIDANCE та вказуємо точку, з якої безпечно підводиться та відводиться інструмент(рис. 1.16):

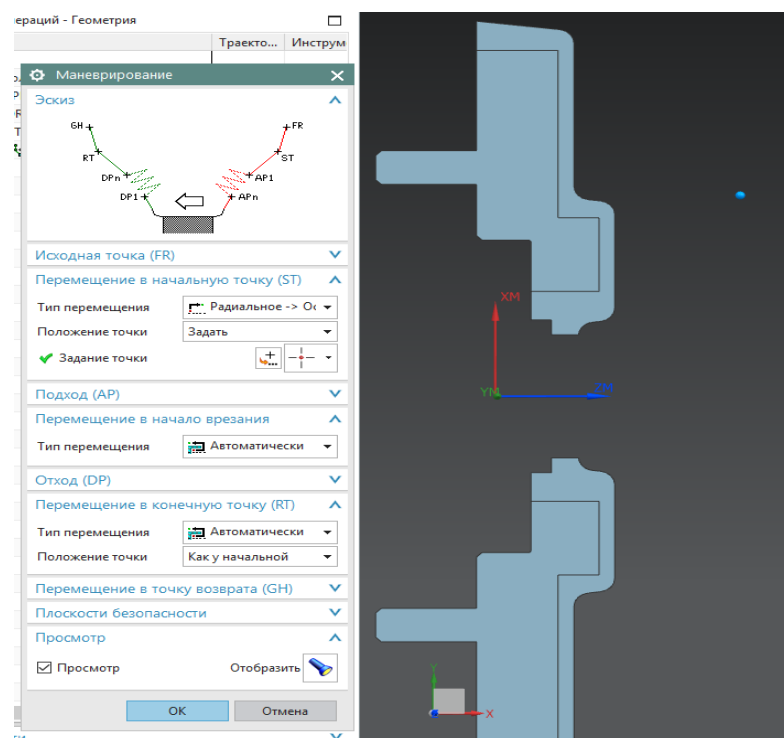


Рисунок 1.17 – Безпечна точка підводу та відводу

Тепер, за допомогою функції «Створити операцію», створюємо операцію (рис. 1.17) використовуючи підтип операції «Чорнове зовнішнє точіння» та вказавши геометрію AVOIDANCE, після чого вказуємо границі обробки якщо потрібно (в нашому випадку не потрібно), обираємо необхідний припуск який залишимо для наступної операції (рис. 1.8) та задаємо режимі різання, які були розраховані (див. п.1.6.) (рис. 1.19):

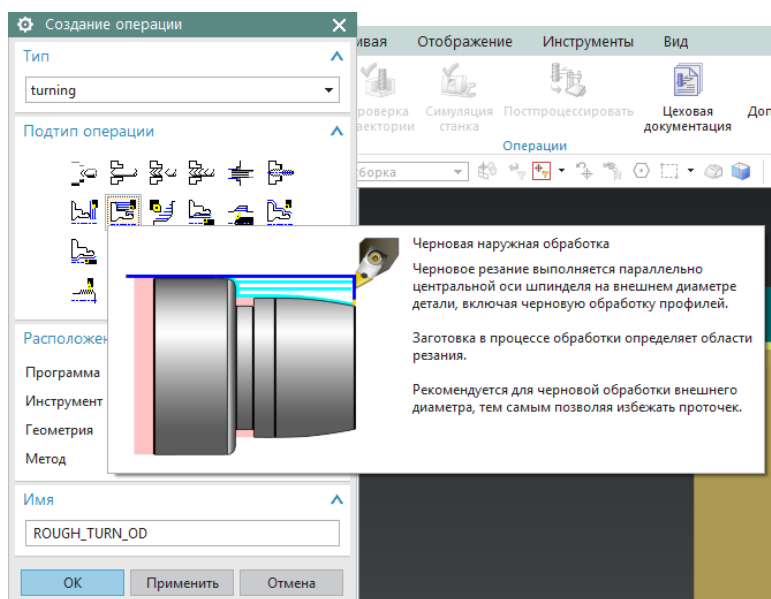


Рисунок 1.17 – Створення операції

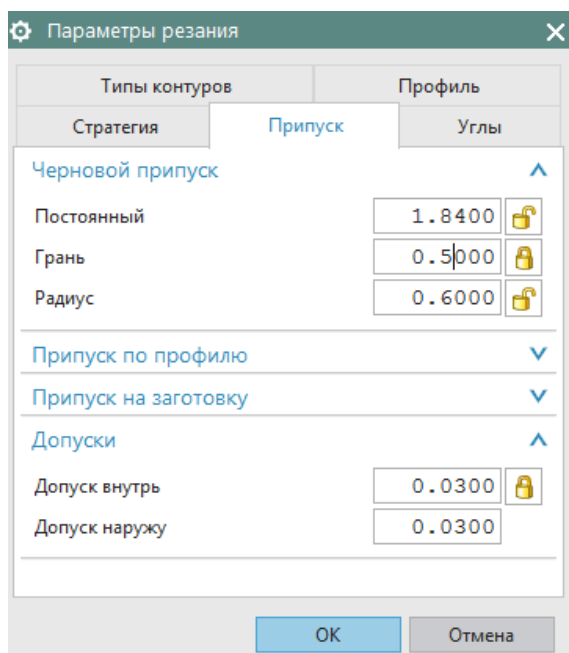


Рисунок 1.18 – Вказуємо припуск на наступну операцію

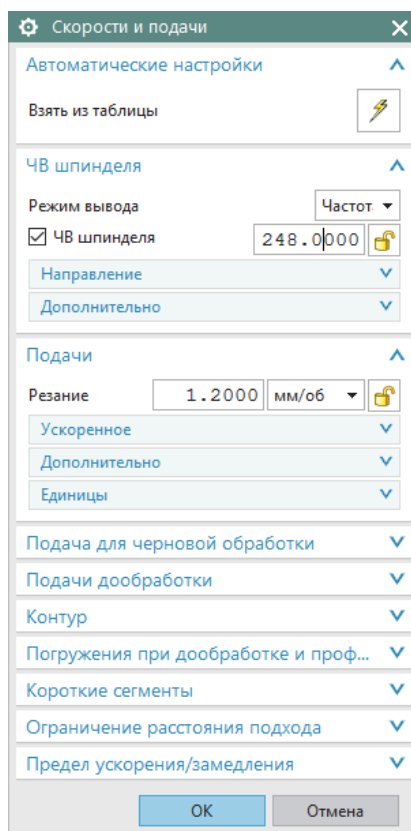


Рисунок 1.19 – Налаштування режимів різання

Останнім шагом в створенні операції буде її генерація. Тиснемо «Генерувати операцію», після чого буде створена траєкторія руху інструмента для обробки (рис. 1.20):

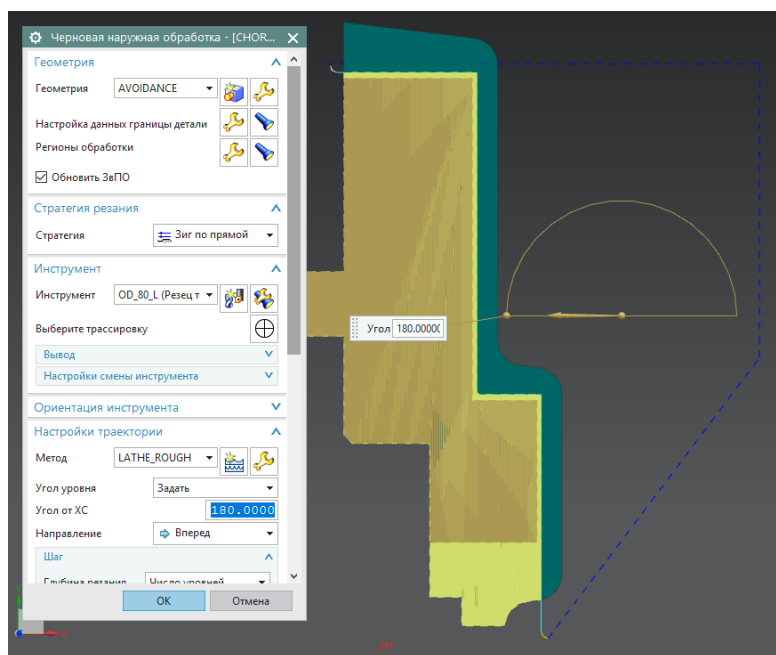


Рисунок 1.20 – Створена операція з траєкторією руху інструмента

Для того щоб впевнитись, що програма створена та налаштована правильно, за допомогою функції «Перевірка» можна спостерігати за моделюванням покрокового руху інструменту з видаленням матеріалу (рис. 1.21-1.24):

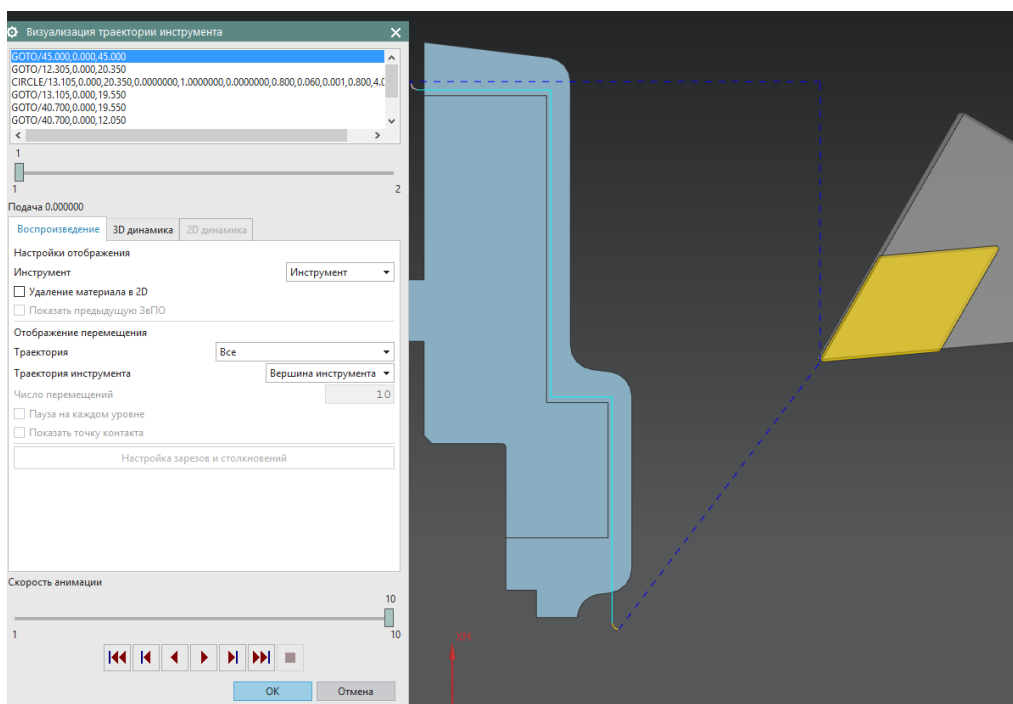


Рисунок 1.21 – Інструмент в нульовій позиції

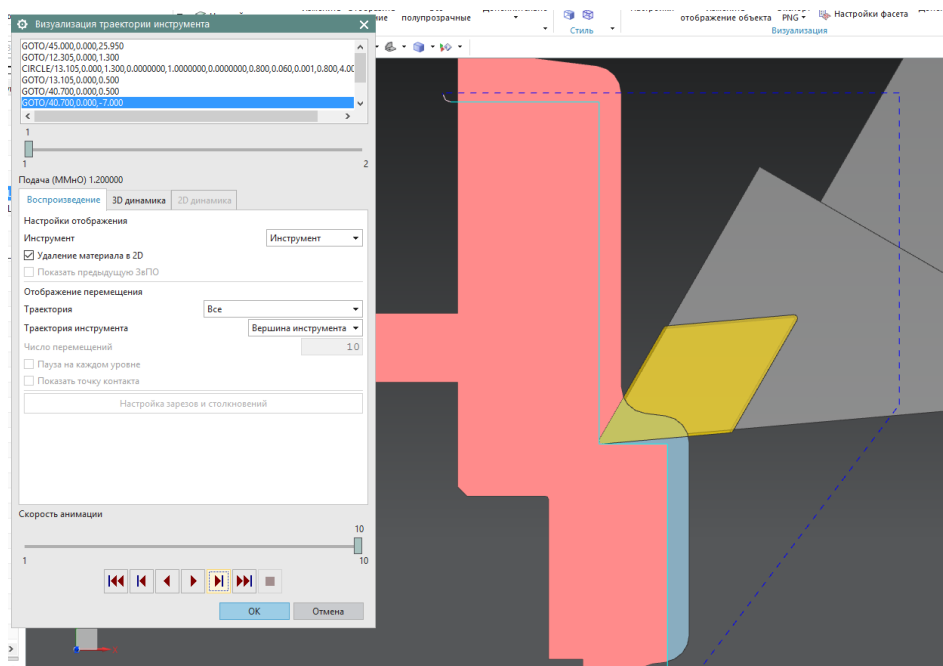


Рисунок 1.22 – Моделювання обробки поверхні

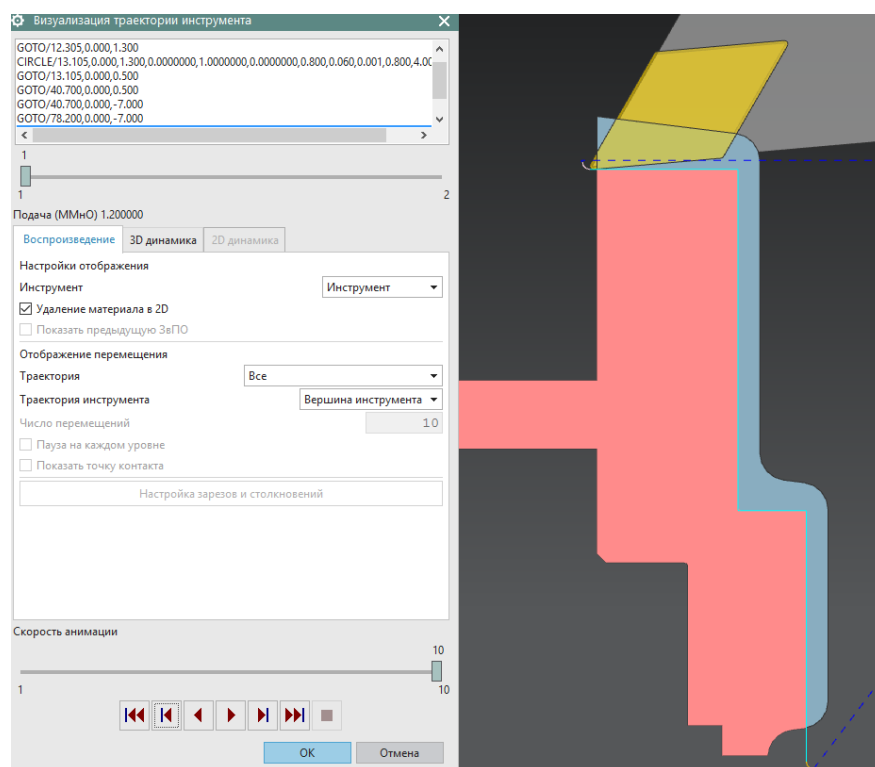


Рисунок 1.23 – Моделювання обробки поверхні

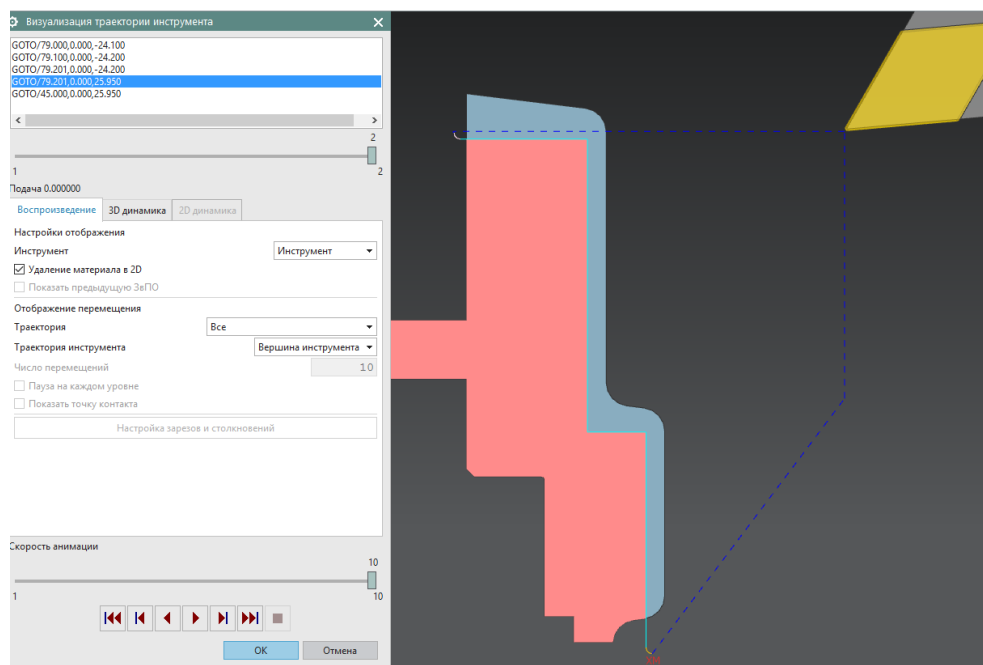


Рисунок 1.24 – Моделювання відведення інструменту

Моделювання та розробка першого переходу операції 020 Токарної з ЧПК завершено. Таким же чином розробляється програма на інші переходи.

Після моделювання всієї операції (рис. 1.25) та отримання керуючої програми можна запустити симуляцію обробки, і за допомогою комп'ютерної візуалізації можна спостерігати всі ходи та переходи даної операції.

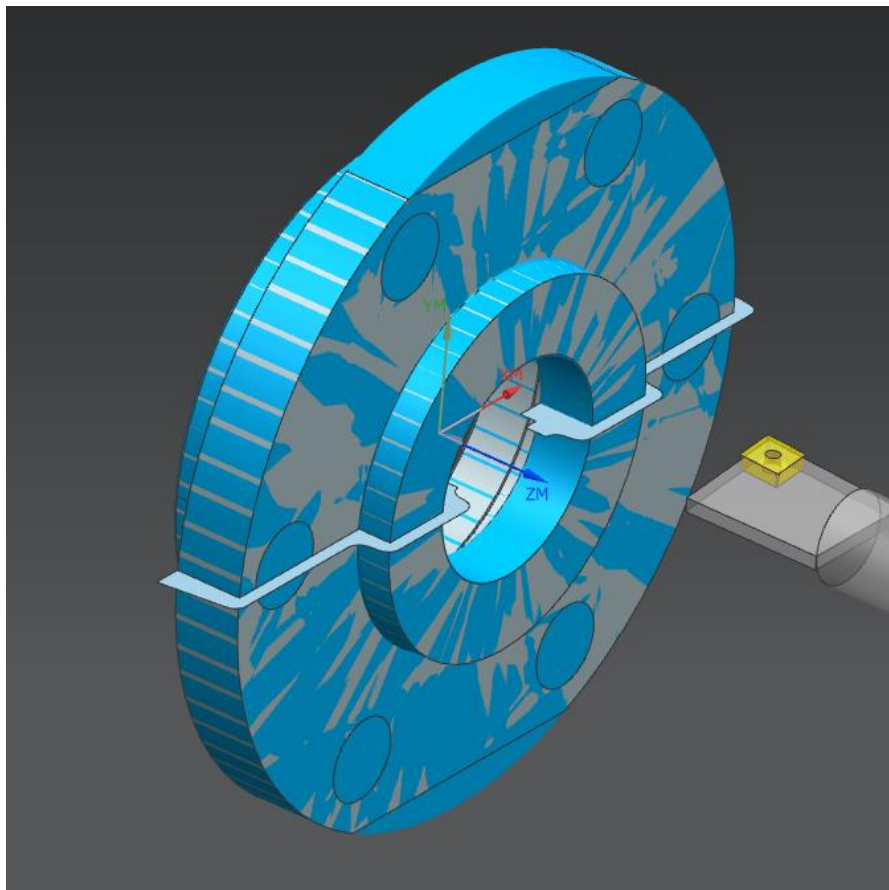


Рисунок 1.25 – Моделювання всієї операції

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція та принцип дії пристосування

Пристосування призначене для свердління шести отворів $\varnothing 11^{+0,07}$, обробки шести отворів $\varnothing 18^{+0,07}$, та фрезерування поверхні $140 \pm 0,1$ на фрезерному верстаті з ЧПК моделі Haas VF-4. Ескіз пристосування надається на рисунку 2.1.

Пристосування містить поршневий гідроциліндр, тобто процес закріплення і розкріплення деталі відбувається за допомогою вузлів підведення та відведення робочої рідини.

Принцип дії пристрою полягає в тому, що спочатку пристосування за допомогою болтів 9 кріплять до робочого столу верстата, базуючи на палець 8. Після цього, безпосередньо в пристрій за допомогою швидкоз'ємної шайби 6 закріплюється деталь типу «Кришка», яка базується на планшайбу з діаметром $\varnothing 95g6(-0,012, -0,034)$.

Для того щоб затиснути деталь, робоча рідина подається в штокову порожнину гідроциліндра 1, внаслідок чого шток 4 та поршень 11 опускаються вниз, затискаючи верхньою плитою 5 деталь, яка після цього не має можливості провертатись або переміщуватись під час обробки під дією зовнішніх сил. Після закріплення відбувається послідовна обробка шести отворів свердлінням, шести отворів фрезеруванням та двох лисок за заданими параметрами.

Після закінчення обробки робоча рідина подається в безштокову порожнину гідроциліндра. Що призводить до того, що шток 4 та поршень 11 підіймаються вгору, товкаючи плиту, яка припиняє тиснути на деталь та дозволяє зняти оброблений виріб з пристосування.

Обробка наступних деталей відбувається за описаним вище принципом.

Специфікація пристрою надається у Додатку А.

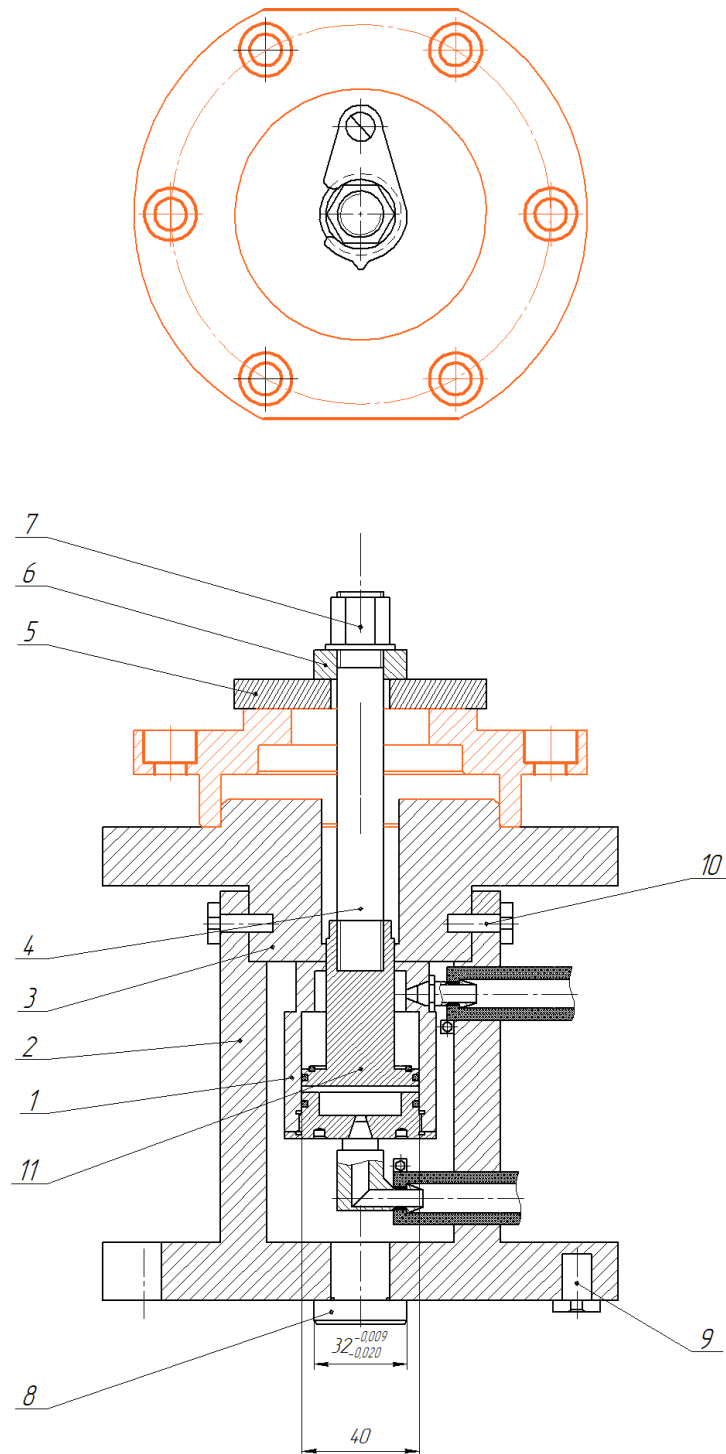


Рисунок 2.1 – Ескіз пристосування

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність

Аналіз похибок базування та закріплення відбувається з метою вибору оптимального пристосування та схеми встановлення, а також для перевірки забезпечення точності обробки, яка буде відбуватися з використанням цього пристосування [11, с.51].

Задача спроектованого пристрою є забезпечення розміру $140 \pm 0,1$ – відстані між лисками, та діаметрального розміру $130 \pm 0,15$. Для забезпечення цих розмірів, необхідно розрахувати похибки базування та закріплення.

Похибка базування та закріплення є складовою загальної похибки встановлення, я відображає точність встановлення в загалом. Її необхідно визначити для подальшого розрахунку точності пристосування. Схема базування зображена на рисунку 2.2. Похибка базування розраховується за наступною формулою [11, с.30]:

$$\varepsilon_6 = \varepsilon_{61} + \varepsilon_{62}, \quad (2.1)$$

де ε_{61} – похибка базування, що визначається максимальним зазором при базуванні на палець, і розраховується за формулою [11, с.37]:

$$\varepsilon_{61} = D_{max} - d_{min},$$

де D_{max} – максимальний діаметр отвору, $D_{max} = 95,054$ мм;

d_{min} – мінімальний діаметр отвору, $d_{min} = 94,966$ мм.

$$\varepsilon_{61} = 95,054 - 94,966 = 0,088 \text{ мм}$$

ε_{62} – похибка що дорівнює допуску на висоту лиски, але так як лиска

фрезерується на всю висоту поверхні, $\varepsilon_{62} = 0$.

Звідси, можемо розрахувати похибку базування за формулою (2.1):

$$\varepsilon_6 = 0,088 + 0 = 0,088$$

Визначивши похибку базування, можна виконати розрахунок похибки встановлення за формулою [11, с.30]:

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (2.2)$$

$\varepsilon_3 = 0,06$ – похибка закріплення, мм [11, с.50, т.4.7].

Проводимо розрахунок похибки встановлення за формулою (2.2):

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{0,088^2 + 0,06^2} = 0,0916 \text{ мм} = 91,6 \text{ мкм}$$

Для того щоб впевнитись в правильності вибору схеми базування, потрібно здійснити перевірку, коли похибка встановлення має бути менша третини допуску на одержуваний розмір, тобто:

$$0,0916 \leq \frac{1}{3} \cdot 0,3$$

$$0,0916 \leq 0,1$$

$$0,0916 < 0,1$$

Перевірка показала, що схема базування забезпечує необхідну точність.

Розрахунок точності фрезерно-свердлильних пристосувань полягає у тому, щоб забезпечити виконавчий розмір L_k на установ (рис. 2.2).

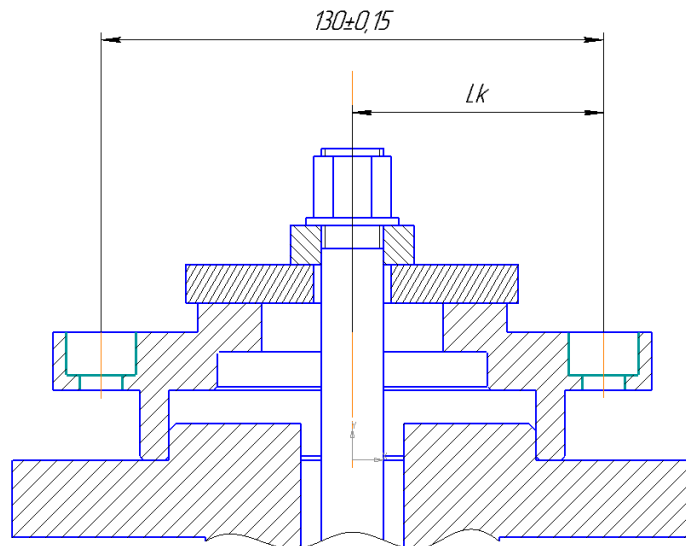


Рисунок 2.2 – Позначення розміру L_k

Номінальний розмір L_k дорівнює половині розміру котрий потрібно забезпечити, а саме відстань між отворами $130\pm 0,15$. А отже:

$$L_k = \frac{130}{2} = 60 \text{ мм}$$

Перед подальшим розрахунком пристосування на точність, необхідно зауважити, що обробка виконується на обладнанні з ЧПК, і більша частина похибок залежить від точності роботи верстата. Для розрахунку пристосування на точність, потрібно розрахувати допуск для визначення виконавчого розміру L_k . Розрахунок цього допуску можна здійснити за формулою [11, с.90]:

$$T_{L_k} \leq T_d - k \cdot \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}, \quad (2.3)$$

де T_{L_k} – допуск на розмір L_k , $T_{L_k} = \frac{1}{3}T_d = \frac{1}{3} \cdot 0,3 = 0,1$ [11, с.96];

T_d – допуск розміру, який необхідно забезпечити, $T_d = 0,2$;

k – коефіцієнт, що враховує відхилення складових величин від закону

нормального розподілу, і залежить від кількості складових похибок [11, с.90].

Прийmemo значення коефіцієнта $k = 1,2$.

Δ_1 – похибка позиціювання на верстаті, $\Delta_1 = 0,01$ [8];

Δ_2 – похибка на виготовлення інструмента по ГОСТ 2034-80, $\Delta_2 = 0,07$;

Δ_3 – похибка на зношування інструмента, $\Delta_3 = 0,024$ [11, с.89, т.5.19].

Розраховуємо допуск на розмір L_k за формулою (2.3):

$$0,1 \leq 0,3 - 1,2 \cdot \sqrt{0,088^2 + 0,06^2 + 0,01^2 + 0,07^2 + 0,024^2}$$

$$0,1 \leq 0,3 - 0,156$$

$$0,1 \leq 0,144$$

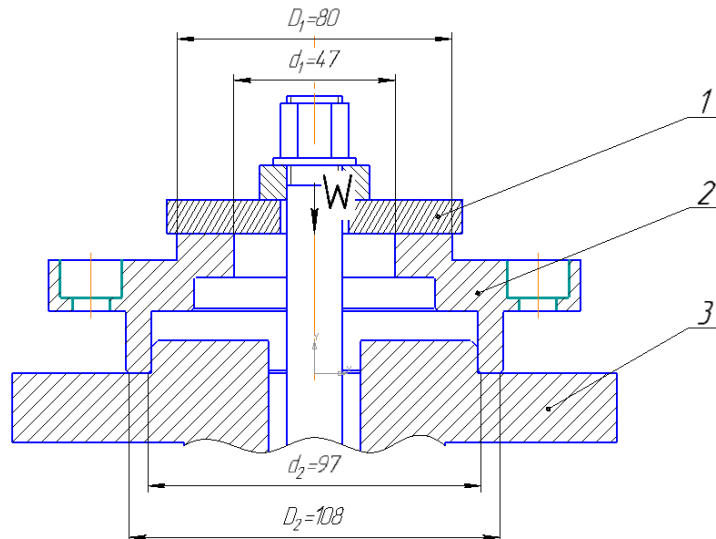
$$0,1 \text{ мм} < 0,144 \text{ мм}$$

Розрахунок пристосування на точність показав, що пристосування досить точне, для забезпечення необхідного розміру.

Виконавчий розмір $L_k = 60 \pm 0,077$

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Деталь типу «Кришка» встановлено на палець. Необхідно просвердлити 6 отворів діаметром $\varnothing 11$ мм, фрезерувати 6 отворів діаметром $\varnothing 18$, та фрезерувати дві лиски 140 мм. Схема закріплення заготовки показано на рисунку 2.3.



1 – верхня затискна плита; 2 – деталь; 3 – нижня опорна плита.

Рисунок 2.3 – Схема закріплення

У даній схемі не враховується дія осової сили свердлення або фрезерування, оскільки в початковий момент виходу свердла або фрези з металу осова сила швидко зменшується, а зміна моменту різання менш значна. Під дією приложених сил та моментів деталь притиснута до двох опорних поверхонь. Але діючий момент різання намагається повернути деталь за напрямком обертання свердла або фрези.

В якості приводу спроектованого пристрою було обрано гідропривід через невеликі розміри при великій силі затиску.

Деталь, що оброблюється, базується в пристосуванні по внутрішньому діаметру на палець. Коефіцієнт запасу визначаємо за формулою [11, с.100]:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (2.4)$$

де k_0 – коефіцієнт гарантованого запасу, $k_0 = 1,5$ [11, с.100];

k_1 – коефіцієнт, що залежить від методу обробки, $k_1 = 1,0$ [11, с.100];

k_2 – коефіцієнт, що враховує вплив виду обробки на матеріал деталі, $k_2 = 1,2$ [11, с.100];

k_3 – коефіцієнт, що враховує плавність обробки, $k_3 = 1,0$ [11, с.101];

k_4 – коефіцієнт, який залежить від постійності сили затиску, $k_4 = 1,0$ [11, с.102];

k_5 – коефіцієнт, що враховує наявність ручних зажимів, $k_5 = 1,0$ [11, с.102];

k_6 – коефіцієнт, що залежить від типу опорних поверхонь, $k_6 = 1,5$ [11, с.102].

Розраховуємо коефіцієнт запасу за формулою (2.4):

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 2,7$$

Відомо, що для того щоб деталь не мала змоги повернутися під дією зовнішніх сил, сума моментів повинна дорівнювати нулю:

$$\sum M = 0$$

Звідси:

$$M_p + M_{оп1} + M_{оп2} = 0, \quad (2.5)$$

де M_p – найбільший момент різання на операції, $M_p = 28,12$ Н·м;

$M_{оп1}$ і $M_{оп2}$ – моменти сил на опорних поверхнях.

Виходячи з формули (2.5), можна дійти до висновку що:

$$M_p = M_{оп1} + M_{оп2} \quad (2.6)$$

Формули для розрахунку моментів на верхній та нижній поверхні виглядає наступним чином:

$$M_{оп1} = \frac{Wf(D_1^3 + d_1^3)}{3(D_1^3 + d_1^3)}, \quad (2.7)$$

де W – сила затиску;

f – коефіцієнт тертя сталі об сталь, $f = 0,19$ [12];

D_1 – максимальний діаметр контакту з верхньою опорною поверхнею,
 $D_1 = 0,08$ м;

d_1 – мінімальний діаметр контакту з верхньою опорною поверхнею,
 $d_1 = 0,047$ м.

$$M_{\text{оп2}} = \frac{Wf(D_2^3 + d_2^3)}{3(D_2^3 + d_2^3)}, \quad (2.8)$$

де D_2 – максимальний діаметр контакту з нижньою опорною поверхнею,
 $D_2 = 0,108$ м;

d_2 – мінімальний діаметр контакту з нижньою опорною поверхнею,
 $d_2 = 0,097$ м.

Підставивши формули (2.7) і (2.8) в формулу (2.6) отримаємо наступну формулу:

$$M_p = \frac{Wf(D_1^3 + d_1^3)}{3(D_1^3 + d_1^3)} + \frac{Wf(D_2^3 + d_2^3)}{3(D_2^3 + d_2^3)} \quad (2.9)$$

А отже:

$$W = \frac{3M_p}{f \left(\frac{(D_1^3 + d_1^3)}{(D_1^3 + d_1^3)} + \frac{(D_2^3 + d_2^3)}{(D_2^3 + d_2^3)} \right)}$$

$$W = \frac{3 \cdot 28,12}{0,19 \cdot \left(\frac{(0,08^3 + 0,047^3)}{(0,08^2 + 0,047^2)} + \frac{(0,108^3 + 0,097^3)}{(0,108^2 + 0,097^2)} \right)} = 2220,1 \text{ Н}$$

Звідси, дійсна сила затиску розраховується по формулі:

$$W_d = k \cdot W$$

$$W_d = 2,7 \cdot 2220,1 = 5994,27 \text{ Н}$$

Враховуючи те, що від точки затиску до гідроциліндра відсутня велика кількість ланок, можна дійти до висновку, що сила на штоку Q дорівнює силі затиску W_d . Тому:

$$Q = W_d$$

$$Q = 5994,27 \text{ Н}$$

Знаючи необхідну силу затиску на штоці, можемо знайти необхідний діаметр гідроциліндра за формулою [11, с.149]:

$$D_{\text{цр}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\rho \cdot \mu}}, \quad (2.10)$$

де ρ – тиск робочої рідини гідроциліндра, приймаємо $\rho = 5 \text{ МПа}$ [13, с.14];

μ – механічний ККД гідроциліндра, $\mu = 0,97$ [13, с.14].

Розраховуємо діаметр гідроциліндра за формулою (2.10):

$$D_{\text{цр}} = 1,13 \sqrt{\frac{5994,27}{5 \cdot 0,97}} = 39,72 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартне значення діаметру гідроциліндра $D = 40 \text{ мм}$ за ГОСТ 6440-68.

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Згідно кресленню деталі, необхідно проконтролювати паралельність торця до 0,05 мм відносно торця бази А. Для цього було спроектовано контрольне пристосування, ескіз якого зображений на рисунку 2.4.

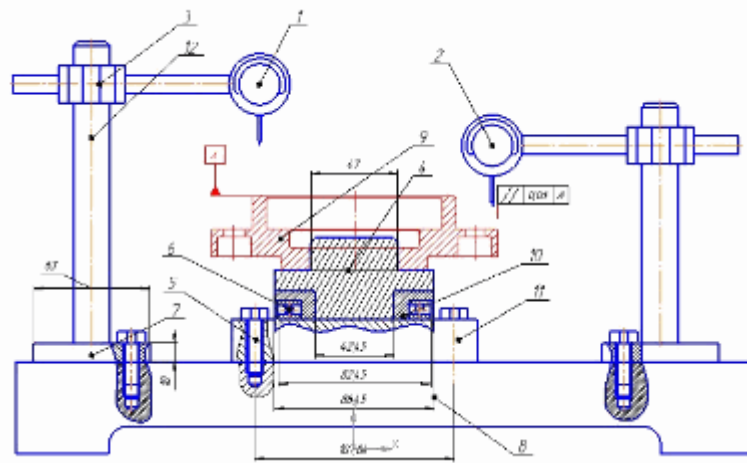


Рисунок 2.4 – Ескіз контрольного пристосування

Деталь «Кришка» встановлюється на платформу з пальцем, котра за допомогою підшипника має змогу обертатися, що дозволяє коректно провести контрольні дії. Після встановлення деталі підводяться два годинникових індикатора, які одночасно перевіряють биття торців, що дозволяє швидше отримати результат вимірювань.

2.3 Розрахунок на міцність деталі за допомогою комп'ютерного пакету ANSYS

Для перевірки на міцність аналізуємо експлуатаційні умови, в яких працює кришка підшипника в редукторі. Створюємо 3D-модель деталі за допомогою комп'ютерного пакету NX.10 (рис. 2.5) та зберігаємо файл у форматі *.prt.

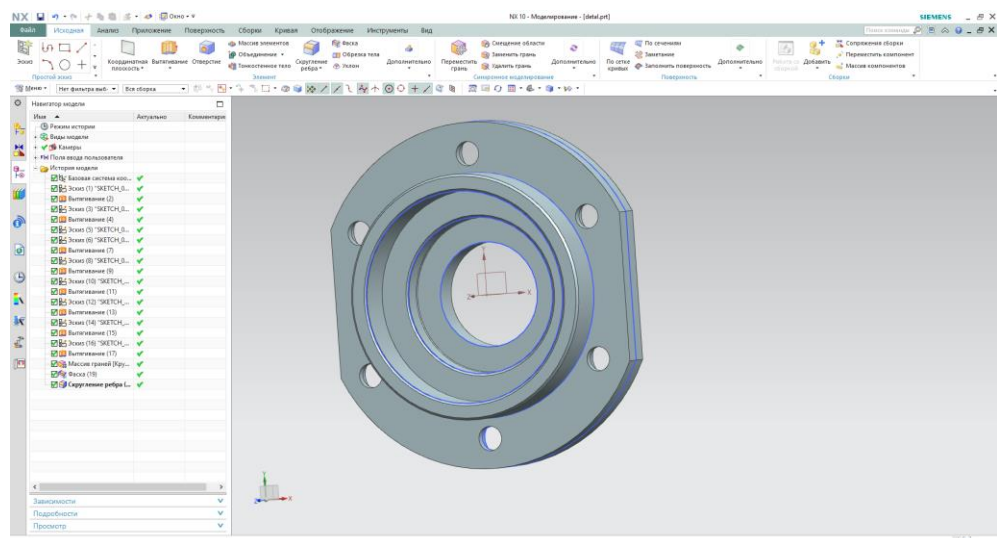


Рисунок 2.5 – 3D-модель деталі

За допомогою комп'ютерного пакету CAD Exchanger Lab відкриваємо файл з моделлю деталі у форматі *.prt та зберігаємо файл у форматі *.sat (рис. 2.6).

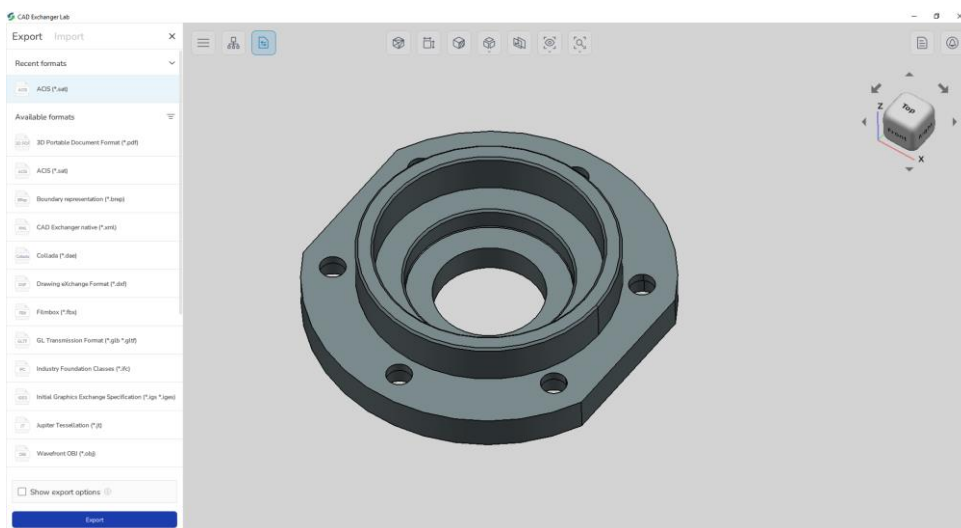


Рисунок 2.6 – Зберігання файлу в форматі .sat

Відкриваємо новостворений файл за допомогою функції «імпорт» міцностного комп'ютерного пакета ANSYS (рис. 2.7):

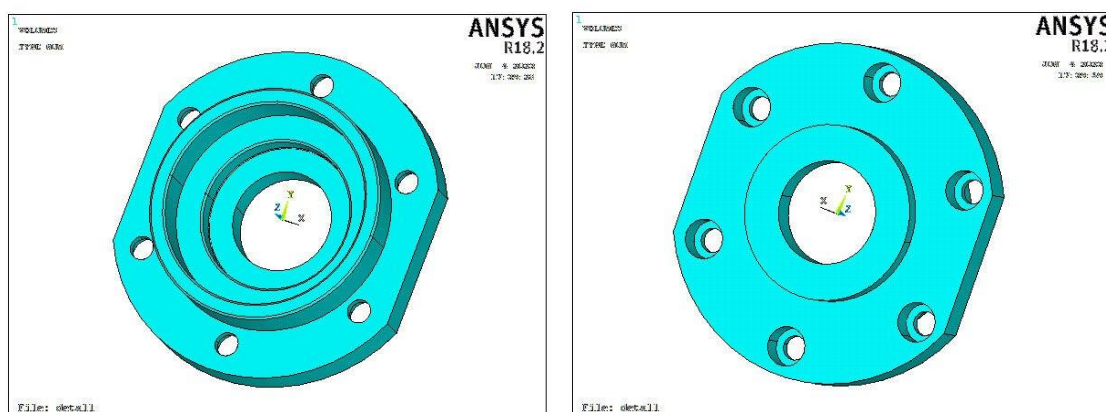


Рисунок 2.7 – 3D-модель у програмі ANSYS

За допомогою команди «Mesh» розбиваємо модель деталі вільною тетрадральною сіткою кінцевих елементів для розрахунку деталі на міцність (рис. 2.8).

Тип кінцевих елементів Solid185 - Brick8node185. Їх кількість в моделі 251462 шт.

За допомогою команд групи «Load» задаємо граничні умови: закріплюємо поверхні в 6 отворах, там де болти утримують кришку.

Навантаження «Pressure» від підшипника, що спирається, – прикладене на буртик кришки.

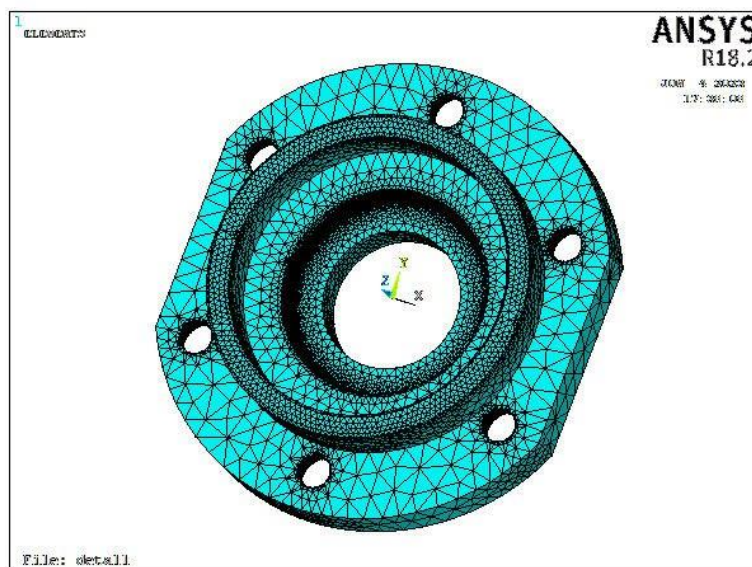


Рисунок 2.8 – Модель з сіткою кінцевих елементів

Задаємо властивості матеріалу – модуль пружності та коефіцієнт Пуассона. За допомогою команди «Solve» проводимо розрахунок. Результати розподілення напруження (по Мізесу) показано на рис. 2.9. Небезпечний переріз – у куті отвору під стяжний болт.

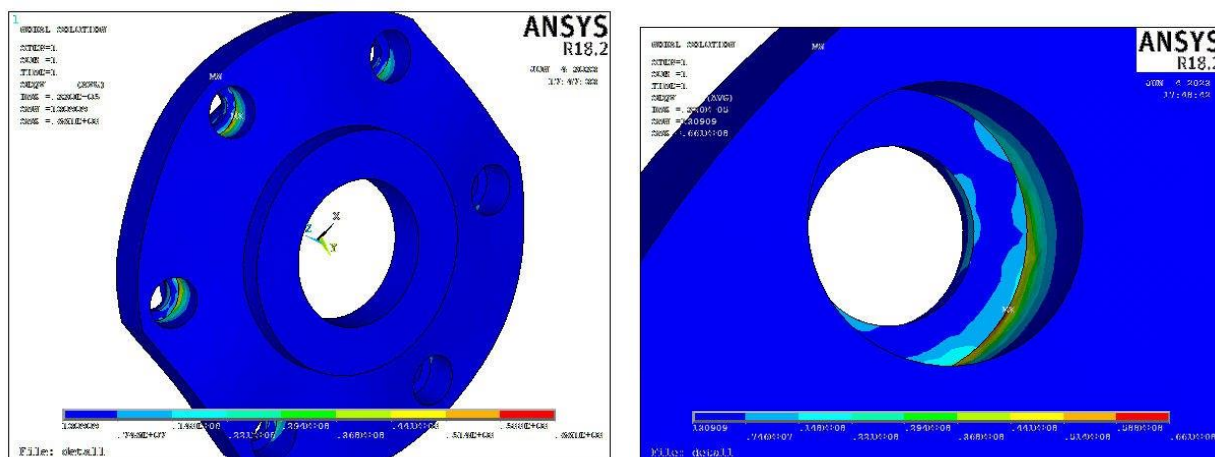


Рисунок 2.9 – Модель із розподіленням навантаження і приближений небезпечний переріз

Згідно розрахункам, виконаним за допомогою аналітичного комп'ютерного пакета ANSYS, при прикладенні до моделі навантажень, еквівалентних експлуатаційним, було отримано максимальне навантаження в моделі 66,1 МПа.

Допустима межа міцності матеріалу складає 600 МПа (п. 1.1). Це означає, що напруження в кришці під час експлуатації будуть майже вдесятеро меншими, ніж допустиме граничне значення, тому ймовірність руйнування її дуже низька.

3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

3.1 Обладнання. Коефіцієнт завантаженості обладнання

Визначаємо обсяг партії заготовок, що запускаються у виробництво за формулою [5, с.6]:

$$n = \frac{a \cdot N}{A}, \quad (3.1)$$

де a – періодичність запуску деталей у виробництво, $a = 5$ днів [5, с.6];

N – річна програма випуску деталей, $N = 2500$ шт (див. п.1.1);

A – кількість робочих днів у 2024 році, $A = 250$ днів [10].

Обсяг партії заготовок, що запускаються у виробництво за формулою (3.1):

$$n = \frac{5 \cdot 2500}{250} = 50 \text{ шт}$$

Визначаємо необхідну кількість технічного обладнання (ТО) для технологічного процесу (ТП) для окремих операцій на типовому обладнанні при серійному виробництві за формулою [14, с.9]:

$$S_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^I t_{шт-к} \cdot N}{F_d \cdot m \cdot 60}, \quad (3.2)$$

де $\sum_{i=1}^I t_{шт-к}$ – сума штучно-калькуляційного часу для окремого верстату або обладнання:

$\sum_{i=1}^I t_{шт-к}$ – для токарного верстату з ЧПК GA-2000, $\sum_{i=1}^I t_{шт-к} = 3,34 + 2,57 + 3,51 = 9,42$ хв;

$\sum_{i=1}^I t_{шт-к}$ – для фрезерного верстату з ЧПК Haas VF-4, $\sum_{i=1}^I t_{шт-к} = 4,91$;

$\sum_{i=1}^I t_{шт-к}$ – для шліфувального верстату з ЧПК RSM B 1500 CNC,
 $\sum_{i=1}^I t_{шт-к} = 1,88$;

F_d – фонд робочого часу для однієї зміни, год визначається за формулою [5, с.6]:

$$F_d = A \cdot T_{см},$$

де $T_{см}$ – тривалість однієї зміни, $T_{см} = 8$ год.

Визначаємо фонд робочого часу для однієї зміни

$$F_d = 250 \cdot 8 = 2000 \text{ год}$$

m – кількість змін в день, $m = 2$.

Розраховуємо необхідну кількість ТО для трьох токарних операцій з ЧПК за формулою (3.2):

$$S_{пт} = \frac{9,41 \cdot 2500}{2000 \cdot 2 \cdot 60} = 0,094$$

Приймаємо кількість обладнання на дві токарні операції $S_{пт}=1$.
 Коефіцієнт завантаження обладнання розраховується за формулою:

$$K_{зі} = \frac{S_{pi}}{S_{ni}} \quad (3.3)$$

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання для двох токарних операцій за формулою (3.3):

$$K_{зт} = \frac{0,094}{1} = 0,094$$

Необхідну кількість ТО для фрезерно-свердлильної операції з ЧПК визначаємо за формулою (3.2):

$$S_{pф} = \frac{4,91 \cdot 2500}{2000 \cdot 2 \cdot 60} = 0,05$$

Визначаємо коефіцієнт завантаження обладнання фрезерно-свердлильної операції за формулою (3.3):

$$K_{зф} = \frac{0,05}{1} = 0,05$$

Необхідну кількість ТО для кругло-шліфувальної операції з ЧПК розраховуємо за формулою (3.2):

$$S_{pф} = \frac{1,88 \cdot 2500}{2000 \cdot 2 \cdot 60} = 0,019$$

Коефіцієнт завантаження обладнання для кругло-шліфувальної операції розраховуємо за формулою (3.3):

$$K_{зф} = \frac{0,019}{1} = 0,019$$

Розрахунок середнього коефіцієнту завантаження відбувається за формулою:

$$K_3 = \frac{\sum S_p}{\sum S_n}$$

$$K_3 = \frac{0,094 + 0,05 + 0,019}{1 + 1 + 1} = 0,054$$

Зважаючи на те, що в середньому коефіцієнт завантаження обладнання надто низький, обладнання буде довантажено іншими ТП схожих деталей до прийняттого рівня (не менше 75% завантаження обладнання) .

3.2 Визначення необхідної кількості робітників

Розрахунки необхідної кількості робітників ведемо, зважаючи на те що в нас середньо-серійне виробництво і непотокова організація виробництва (див. п.1.2). Формула розрахунку необхідної кількості робітників в такому випадку буде виглядати наступним чином [14, с.23]:

$$R_i = \frac{\sum_{i=1}^I t_{шт-к} \cdot N}{F_{др} \cdot 60 \cdot K_M}, \quad (3.4)$$

де $F_{др}$ – річна дійсна фундація робочого часу, год визначається за формулою

$$F_{др} = F_d \cdot m$$

$$F_{др} = 2000 \cdot 2 = 4000 \text{ год}$$

K_M – коефіцієнт багатостатного обслуговування для серійного виробництва, $K_M = 4$ [14, с.9];

Розраховуємо необхідну кількість робітників на три токарні операції з ЧПК на GA2000 за формулою (3.4):

$$R_T = \frac{9,41 \cdot 2500}{4000 \cdot 60 \cdot 4} = 0,0235$$

Приймаємо кількість робітників на дві токарні операції з ЧПК на GA2000 $R_{нт}=1$. Розрахунок необхідної кількості робітників для фрезерно-свердлильної обробки на Haas VF-4 виконуємо за формулою (3.4):

$$R_{\phi} = \frac{4,91 \cdot 2500}{4000 \cdot 60 \cdot 4} = 0,0127$$

Приймаємо кількість робітників для фрезерно-свердлильної обробки на Haas VF-4 $R_{нф}=1$. Необхідну кількість робітників для кругло-шліфувальної операції на верстаті з ЧПК RSM B 1500 можна визначити за формулою(3.4):

$$R_{ш} = \frac{1,88 \cdot 2500}{4000 \cdot 60 \cdot 4} = 0,0048$$

Приймаємо кількість робітників для кругло-шліфувальної операції на верстаті з ЧПК RSM B 1500 $R_{нш}=1$.

Загальна кількість робітників на дільниці визначається за формулою [14, с.23]:

$$R_{\Sigma} = \sum R_n$$

$$R_{\Sigma} = 1 + 1 + 1 = 3$$

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

В ході виконання дипломного проекту, було запропоновано порівняти два варіанти пристосувань для фрезерно-свердлувальних робіт: пристосування з механічним гідроприводом (рис. 4.1, а) до 030 операції – фрезерно-свердлильної з ЧПК, і два простіших (рис. 4.2, б) з ручним затиском до варіанту виконання цієї частини ТП, яка складається з двох операцій (свердлильна + фрезерна і виконується на двох верстатах). Економічна доцільність такого рішення буде перевірена за допомогою розрахунків.

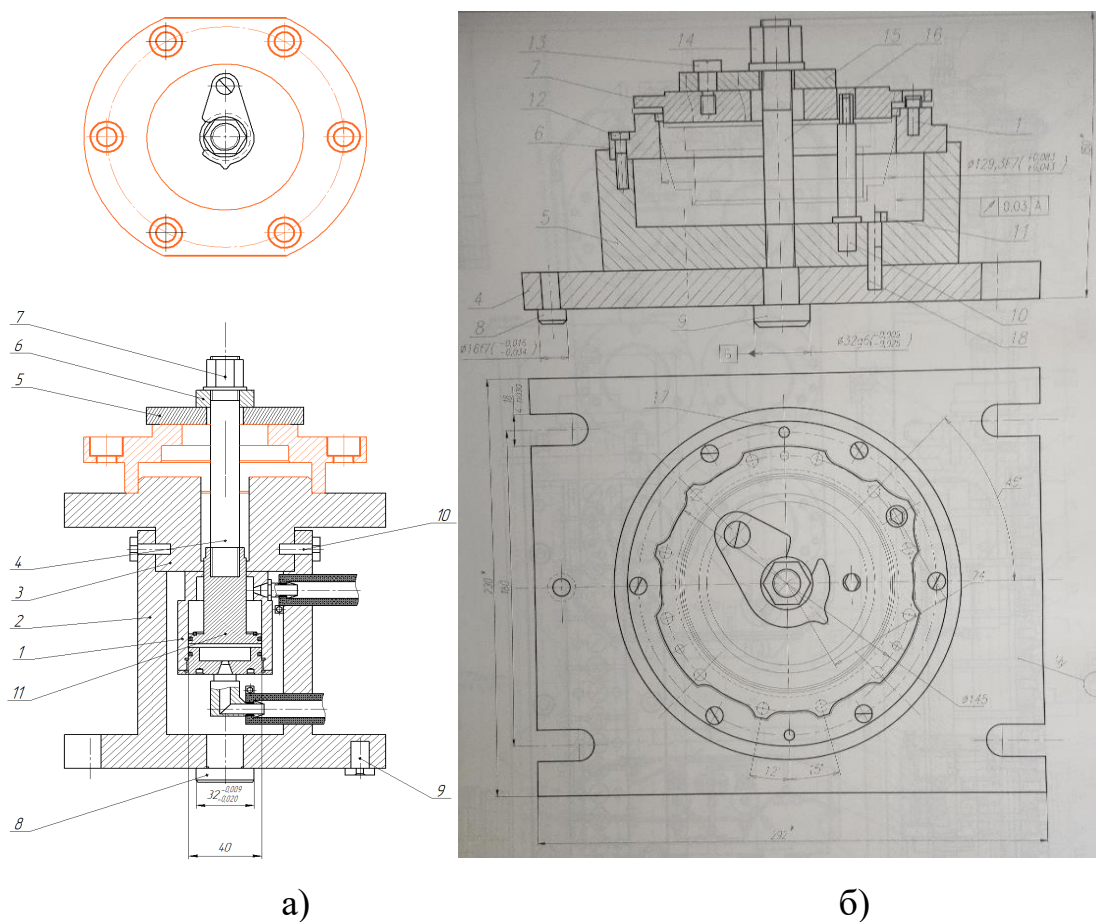


Рисунок 4.1 – Ескізи пристосувань (а – модернізоване пристосування,
б – ручне пристосування)

Собівартість використання пристрою для першого варіанта розраховується за наступною формулою [15, с.28]:

$$C_a = Z_a \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right) + \frac{S_a}{A} \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right), \quad (4.1)$$

де Z_a – заробітна плата робітника за одну деталь, грн розраховується за формулою [15, с.29]:

$$Z_a = t_{шта} \cdot Z_{хва}, \quad (4.2)$$

де $t_{шта}$ – штучно-калькуляційний час роботи на цьому пристрої, хв;

$Z_{хва}$ – ставка робітника за хвилину при роботі на пристрої, грн;

H – цехові накладні витрати у % до заробітної плати, $H = 250\%$ [15, с.29];

S_a – витрати на виготовлення пристосування, що приблизно розраховуються за формулою [15, с.28]:

$$S_a = C_{па} \cdot N_a, \quad (4.3)$$

де $C_{па}$ – вартість виготовлення однієї деталі пристосування, умовно приймаємо $C_{па} = 30$ грн [15, с. 28];

N_a – кількість деталей у пристосуванні згідно специфікації, $N_a = 19$;

Розраховуємо витрати на виготовлення модернізованого пристосування за формулою (4.3):

$$S_a = 30 \cdot 19 = 570 \text{ грн}$$

A – строк амортизації пристосування, $A = 3$ [15, с.29];

q – річні витрати на обслуговування пристосування, $q = 20\%$ [15, с.29].

Штучно-калькуляційний час на новому пристрої $t_{\text{шта}} = 4,91$ хв. Ставка за годину робітника при роботі на модернізованому пристрої 65,1 грн/год, а отже:

$$Z_{\text{хва}} = \frac{65,1}{60} = 1,08 \text{ грн/хв}$$

Розраховуємо заробітну плату робітника за одну деталь при роботі на пристрої за першим варіантом за формулою (4.2):

$$Z_a = 4,91 \cdot 1,08 = 5,3 \text{ грн}$$

Собівартість використання модернізованого пристрою для нового ТП визначаємо за формулою (4.1):

$$C_a = 5,3 \cdot \left(1 + \frac{250}{100}\right) + \frac{570}{2500} \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{20}{100}\right) = 18,67 \text{ грн}$$

Собівартість використання ручного пристрою розраховується за наступною формулою [15, с.28]:

$$C_b = Z_b \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right) + \frac{S_b}{\Pi} \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right), \quad (4.4)$$

де Z_i – заробітна плата робітника за одну деталь, грн розраховується за формулою [15, с.29]:

$$Z_b = t_{\text{штв}} \cdot Z_{\text{хвв}}, \quad (4.5)$$

де $t_{\text{шти}}$ – штучно-калькуляційний час роботи на ручному пристрої, хв;

$Z_{\text{хві}}$ – ставка робітника за хвилину при роботі на ручному пристрої, грн;

H – цехові накладні витрати у % до заробітної плати, $H = 250\%$ [15, с.29];

S_6 – витрати на виготовлення ручного пристосування, що приблизно розраховуються за формулою [15, с.28]:

$$S_B = C_{\text{пв}} \cdot N_B, \quad (4.6)$$

де $C_{\text{п}}$ – вартість виготовлення однієї деталі пристосування, $C_{\text{пв}} = 15$ грн за [15, с. 28];

N_6 – кількість деталей у пристосуванні, $N_6 = 26$.

Визначаємо витрати на виготовлення ручного пристосування за формулою (4.6):

$$S_B = 15 \cdot 26 = 390 \text{ грн}$$

A – строк амортизації пристосування, $A = 1$ рік [15, с.29];

q – річні витрати на обслуговування пристосування, $q = 20\%$ [15, с.29].

Штучно-калькуляційний час при роботі на ручному пристосуванні $t_{\text{шт6}} = 8,62$ хв. Ставка за годину робітника при роботі на ручному пристрої 65,1 грн/год, а отже:

$$Z_{\text{хвв}} = \frac{65,1}{60} = 1,08 \text{ грн/хв}$$

Розраховуємо заробітну плану робітника за одну деталь на ручному пристосування за формулою (4.5):

$$Z_B = 8,62 \cdot 1,08 = 9,30 \text{ грн}$$

Собівартість використання ручному пристрою визначається за формулою (4.4):

$$C_B = 9,3 \cdot \left(1 + \frac{250}{100}\right) + \frac{390}{2500} \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{20}{100}\right) = 32,73 \text{ грн}$$

$$C_a < C_b$$

$$18,74 < 21,95$$

Собівартість залежить в основному від річної програми випуску деталей. Програма випуску Π_k - програма при якій обидва порівнюваних варіанти пристосувань економічно рівноцінні визначається за формулою [15, с.39]:

$$\Pi_k = \frac{(S_a - S_b) \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right)}{(Z_b - Z_a) \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right)}$$

$$\Pi_k = \frac{(570 - 390) \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{20}{100}\right)}{(9,30 - 5,3) \cdot \left(1 + \frac{250}{100}\right)} = 6,5$$

$$\Pi > \Pi_k$$

$$2500 > 6,5$$

Річна програма $\Pi > \Pi_k$, тому більш вигідно застосовувати більш складне пристосування, а отже модернізований пристрій для 030 Фрезерно-свердлильної операції з точки зору економічної доцільності спроектовано вірно.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ПРАЦІВНИКІВ І МАШИН У ВИБУХО- І ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРИМІЩЕННЯХ

Щодо забезпечення працездатності машин у вибухонебезпечних приміщеннях, потрібно насамперед визначити, які саме приміщення можна вважати вибухонебезпечними.

Перш за все, для коректного планування приміщень та будівель, а також для безпечного проведення заходів, необхідний аналіз подібних об'єктів на рахунок їх пожежо- та вибухонебезпеки. Пожежа і вибухи, їх виникнення та поширення у приміщеннях насамперед залежить від кількості та властивостей речовин і матеріалів, які вважаються небезпечними в плані пожежі та вибухів. Також досить важливим є конкретні аспекти технологічних процесів які відбуваються у таких приміщеннях. Розділяють п'ять категорій, в яких тим чи іншим чином класифікують рівень небезпеки приміщень і будівель, відповідно до стандартів технологічного проектування, а саме – А, Б, В, Г, і Д за ОНТП 24-86.

Категорія А – це категорія будівель та приміщень, що містять в собі, або в яких відбуваються конкретні технологічні процеси із легкозаймистими горючими газами та рідинами, що мають температуру початку інтенсивного виділення тепла (спалах) менше 30 градусів по шкалі Цельсія, в такій кількості, що отримують властивість синтезувати парові та газоповітряні суміші, у випадку спалаху і вибуху яких надлишковий тиск у приміщенні перевищує 5000 Паскаль. Окреме місце в цій категорії займають речовини та матеріали, при контакті з повітрям яких може відбуватися миттєва хімічна реакція, яку інакше можна характеризувати як вибух, після якого надлишковий тиск на об'єкті буде перевищувати 5000 Паскаль.

До категорії Б належать порошкові речовини, такі як селітра або порох, а також волокна та легкозаймисті рідкі речовини що мають характерну

температуру спалаху більше 30 градусів Цельсія, у достатній кількості, щоб утворювати надлишковий тиск на об'єкті більш ніж 5000 Паскаль у разі відповідних хімічних реакцій.

В категорію В відносять рідко- та твердопаливні горючі речовини, що потребують більше умов для спалаху, та які здатні спокійно взаємодіяти з повітрям або водою, та не відповідають умовам що вказані в категоріях А та Б.

Категорія Г включає в себе такі матеріали, які у гарячому, розжареному або розплавленому стані є негорючими речовинами і матеріалами, що виділяють променисте тепло, іскри та/або полум'я під час їх обробки, а також горючі гази, рідини і тверді речовини, які можуть бути використовуваними як паливо.

І останньою категорією є категорія Д, до якої можна віднести речовини, що є негорючими в холодному стані.

Одним з найнебезпечніших факторів, що можуть призвести до пожеж або вибухів, є неправильний вибір та/або використання електрообладнання, насамперед на об'єктах категорії А, Б, і В. На таких об'єктах вводиться поняття «вибухонебезпечна зона» або «пожежонебезпечна зона», в якій, згідно ГОСТ 12.2.020-76, необхідно використовувати спеціальне обладнання, що захищене від пожеж та вибухів, та має хоча б механізми попередження при позаштатних ситуаціях, а ще краще, механізми запобігання та протидії пожежам та вибухам, або їх наслідкам. Деяке обладнання не має змоги, або економічної доцільності бути модифікованим або модернізованим до стану вибухо- і пожежо- захищеного. Таке обладнання необхідно виносити за межі вибухонебезпечних і пожежонебезпечних зон.

Вибухо- та/або пожежонебезпечні зони в свою чергу повинні мати маркування в виді табличок або написів, що повинні бути встановленні згідно стандартам та вимогам насамперед при вході у такі зони. Приклад подібного маркування приведено на рисунку 5.1 та 5.2.



Рисунок 5.1 – Таблички: «Вибухонебезпечно» (а), «Пожежонебезпечно» (б)

Додатково такі таблички можуть доповнюватись загальним маркуванням про безпеку, зображеними на рисунку 5.2.



Рисунок 5.2 – Табличка «Обережно! Небезпечна зона»

Також, всі небезпечні зони повинні мати певний план евакуації у разі позаштатних ситуацій, конкретні інструкції та бажано додаткові таблички, що вказують на вогнегасник, найближчий вихід із небезпечної зони, або напрямок евакуації згідно ДСТУ ISO 6309:2007. Приклад зображено на рисунках 5.3 - 5.5.



Рисунок 5.3 – Приклад плану евакуації



Рисунок 5.4 – Таблички що вказують на евакуаційний шлях або до найближчого виходу

Одним з найголовніших факторів забезпечення безпеки у вибухонебезпечних та пожежонебезпечних зонах, є правильно спроектована, розроблена та побудована система вентиляції, задача якої є забезпечення безпечного рівня легкозаймистих речовин та газів у повітрі, окрім стандартних санітарних і гігієнічних цілей.



Рисунок 5.5 – Таблички що вказують на протипожежні елементи

Постійна необхідність покращення безпеки праці призвела до появи новітніх та в якомусь сенсі, революційних рішень у сфері проектування вентиляційних систем, що спричинило їх доволі швидкий розвиток протягом останнього часу. Вентиляційні установки мають відповідати особливим вимогам надійності та безперебійності провітрювання вибухонебезпечних приміщень згідно ДСТУ 3186-95.

Отже, забезпечення працездатності машин у вибухонебезпечних приміщеннях є важливим аспектом безпеки. Необхідно використовувати спеціальні механізми та матеріали, що відповідають стандартам безпеки. Доцільно проводити регулярні перевірки та технічне обслуговування обладнання, а також проводити інструктажі персоналу з правил безпеки, запобіганню та протидії вибухам, пожежам та їх наслідкам. Ефективна вентиляція та системи контролю рівня вибухонебезпечних речовин також є надважливими. Враховуючи ці заходи, можна забезпечити безпеку працівників, забезпечити працездатність машин та запобігти виникненню небажаних вибухів та пожеж на об'єктах.

ВИСНОВКИ

В ході дипломної роботи був спроектований та розроблений ТП деталі «Кришка» - наскрізної кришки підшипника редуктора.

В технологічній частині роботи були проаналізовані матеріал та необхідна термічна обробка. Також були проведені розрахунки з приводу вибору методу отримання заготовки з двох запропонованих варіантів. Виходячи з розрахунків економічних параметрів, між КГШП та ГKM було обрано штампування на ГKM. Такий вибір був обумовлений нижчою собівартістю виготовлення, не зважаючи на те, що потребував додаткових трат на матеріал. Частина розрахунків, таких як визначення маси деталі, були проведені у комп'ютерному пакеті NX.

Після вибору способу отримання заготовки було спроектовано технологічний процес виготовлення деталі, а саме: було визначено технологічні бази, маршрут обробки поверхонь деталі, створено маршрут виготовлення деталі та розраховано припуски і технологічні розміри. Маючи вищевказані данні, були розраховані режими різання та проведено технічне нормування сформованих операцій. Підсумком першої частини роботи стала розробка керуючої програми на 020 операцію з ЧПК за допомогою комп'ютерного пакета NX.

В ході роботи над конструкторською частиною роботи було спроектовано робоче пристосування для 030 Фрезерно-свердлильної операції, доведена необхідна точність цього пристосування, визначена сила затиску деталі при обробці, а також потрібний діаметр гідроциліндра пристосування. Також було запропоновано контрольне пристосування для вимірювання торцевого биття.

Фінальною частиною конструкторського розділу частини став розрахунок деталі на міцність за допомогою аналітичного комп'ютерного пакета ANSYS. В ході цього розділу, було отримано максимальне

навантаження деталі під час експлуатації. Максимальних напружень в 66,1 МПа зазнав отвір під шляпку болтів, але обраний матеріал дозволяє випробовувати такі напруження без проблем.

Третьою частиною роботи стало визначення необхідної кількості обладнання, його завантаження та необхідної кількості робітників.

В четвертій частині були проведені економічні розрахунки, що довели економічну доцільність одного з варіантів запропонованих пристосувань для операції 030.

В ході п'ятої частини з охорони праці була проведена робота щодо розробки заходів забезпечення працездатності працівників і машин на вибухо- і пожежо-небезпечних об'єктах.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Богуслаев В.А. Основы технологии машиностроения/ В.А. Богуслаев, В.И. Цыпак, В.К. Яценко; ОАО "Мотор Сич", Запорожье. – М.: Машиностроение, 2003. – 336с.
2. 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.
3. 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-е). Під ред. Гончар Н.В. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019 – 61 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. С74 Т. 2/Под ред. А.Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 496 с., ил.
5. 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.

6. Електронне посилання: <https://ua.bizorg.su/tokarnye-stanki-r/p6213127-gorizontallynyu-tokarnorevolvyvernoy-obraбатыvayushtiy-tsentr-goodway-ga2000-2009-goda-vypuska>
7. Металорежущий инструмент. Конструкция и эксплуатация. Справочное пособие // Г.И. Грановский, Харьков, 1952. – 281с.
8. Електронне посилання: <https://abplanalp.lv/ru/haas-vf-4.html>
9. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов – 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с четвертого издания 1983 г./ Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. – М: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
10. Електронне посилання: <https://www.buhoblik.org.ua/kadry-zarplata/vremya/4023-4023-rabochie-dni.html>
11. Богуслаев В.А. Станочные приспособления/ В.А. Богуслаев, В.А. Леховицер, А.С. Смирнов; ОАО "Мотор Сич", Запорожье. – М.: Машиностроение, 2000. – 430 с.
12. Електронне посилання:
<https://www.himtrade.com.ua/support/44.htm>
13. Гидравлика, гидромашины и гидропривод : учеб.-метод. пособие по курсовой работе для студентов специальностей 1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов», 1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса» / Е. С. Санкович, А. Б. Сухоцкий. – Минск : БГТУ, 2011. – 141 с.
14. 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.
15. 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.

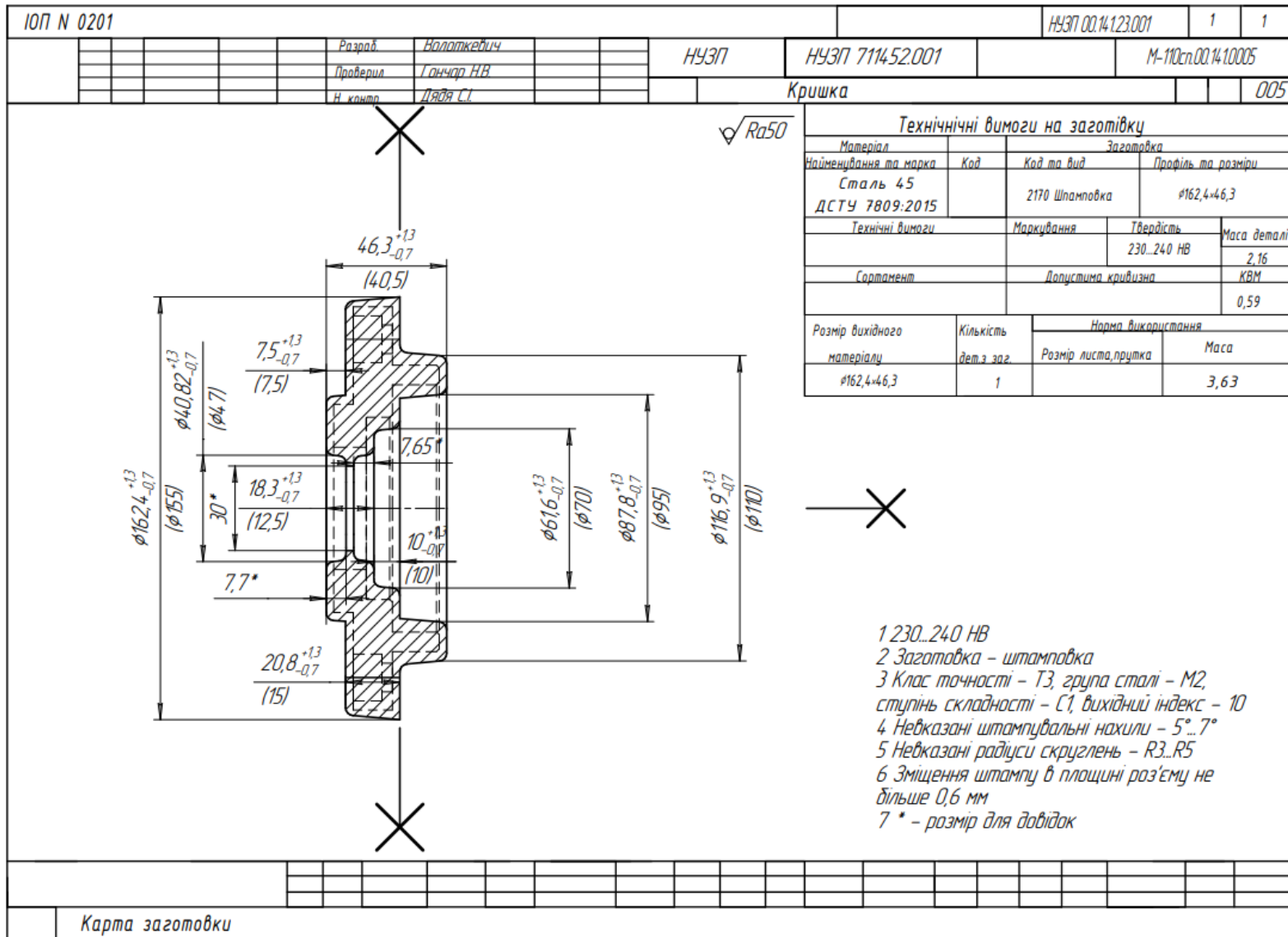
ДОДАТОК А. СПЕЦИФІКАЦІЯ ПРИСТОСУВАННЯ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				Документація		
A1			НУЗП 291232.001	Складальне креслення		
				Складальні одиниці		
		1		Гідроциліндр	1	
				Деталі		
		2		Основа	1	
		3		Планшайба	1	
		4		Тяга	1	
		5		Плита затискна	1	
				Стандартні вироби		
		6		Швидкозмінна шайба ГОСТ 11648-75	1	
		7		Гайка М16-6Н5 ГОСТ 5915-70	1	
		8		Установочний палець ГОСТ 17774-72	1	
				НУЗП 291232.001		
Інв.№ праб.	Зм.	Лист	№ док.	Тип	Дата	
	Разраб.		Болоткевич			Лист
	Проб.		Гончар НВ.			Лист
	Нконтр.		Дядя С.І.			Лист
	Утв.		Дядя С.І.			Лист
				Приспособлення для ОЗО Фрезерно-свердильної операції		М-110сп

ГОСТ 2.108-68 (СТ СЭВ 2516-80) Форма 1а САПР

Формат	Зона	Поз	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
		9		Палець ГОСТ 17774-82	4	
		10		Гвинт М8-6дх10 ГОСТ 17475-80	2	
		11		Шток ГОСТ 30362.1-96	1	
№№ правд.	Підп. і дата	Замість №№	Інв.№ дубл.	Підп. і дата		
					НУЗП 291232.001	
					/лист	
					2	
ЗМ	Лист	№ докум	Підп.	Дата		

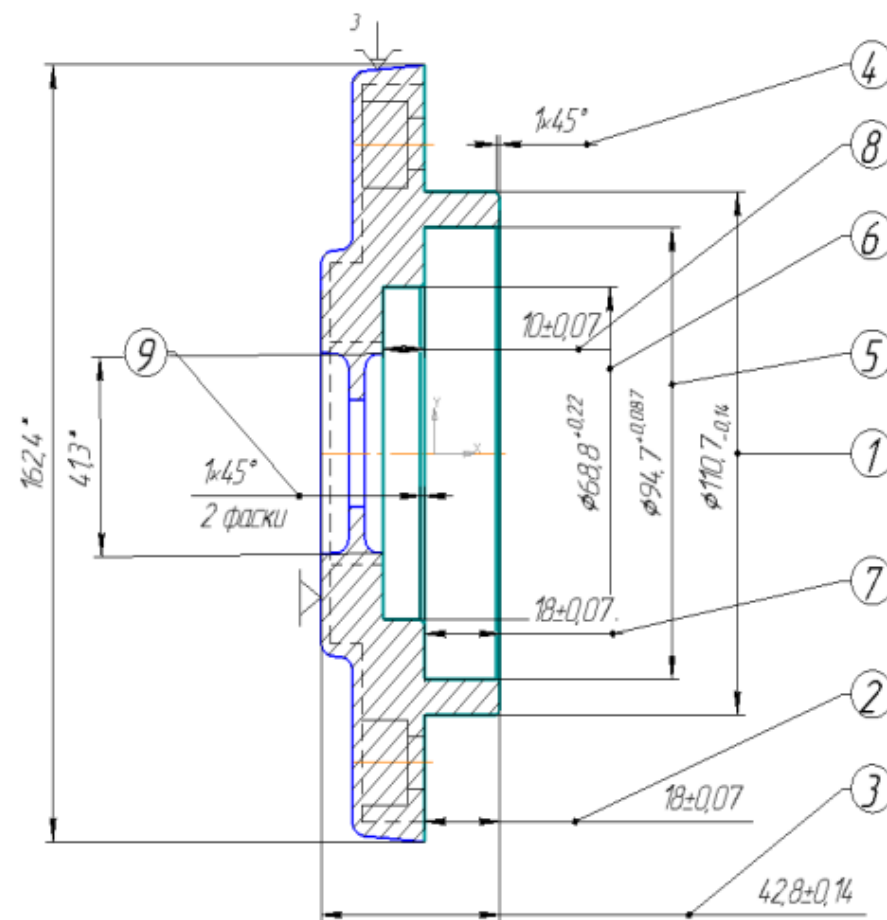
ДОДАТОК Б. ТЕХНОЛОГІЧНІ КАРТИ



										ГОСТ 3.1118-82			Форма 1						
Дубль																			
Взам.																			
Підп.																			
										НЧЗП 02.14.123.001			Листов 3		Лист 1				
Розробив	Волоткевич Д.С.				НЧЗП			НЧЗП 711452.001			М-110сн.10.14.100001								
Перевірів	Гончар Н.В.																		
Н.контр.	Дядя С.І.							Кришка											
М 01	Сталь 45 ДСТУ 7809																		
М 02	Код		ОВ	МД	ОВ	Н.расх.	КИМ	Код заготовки		Профіль і розміри			КД	МЗ					
	к2		2,16	1		0,59	Штамповка		φ155x40,5			1	3,6						
А	Цех	Діл	РМ	Опер	Код найменування операції				Позначення документа										
Б	Код найменування обладнання				СМ	Проф.	Р	УП	КП	КОВД	ОВ	ОП	Кум.	Тнз	Тшт				
А 01				005	2170 Заготівельна				ІОП №0201										
Б 02	XX	XX	XX	382610	Штамповка ГКМ				1	13229	4	2	1	1	1	50	1	10	
03																			
А 04				010	5010 Термічна обробка				ІОП №0203										
Б 05	12	9	14	XXXXXX	Гартування + відпуск				1	19100	4	2	1	50	1	50	1		
06																			
А 07				015	4233 Токарна з ЧПК				ІОП №0207										
Б 08	9	2	4	381021	Токарний з ЧПК GA-2000				2	16045	5	1	1	1	1	50	0,65	22	3,34
09																			
А 10				020	4233 Токарна з ЧПК				ІОП №0207										
Б 11	9	2	5	381021	Токарний з ЧПК GA-2000				2	16045	5	1	1	1	1	50	0,65	20	2,57
12																			
А 13				025	4233 Токарна з ЧПК				ІОП №0207										
Б 14	9	2	6	381021	Токарний з ЧПК GA-2000				2	16045	5	1	1	1	1	50	1	20	3,51
МК																			

ГОСТ 3.1105-84 , форма 7

Діюч.														
ВЗом.														
Повол.														
ІОТ №0207										НУЗП 02.14.123.001			1	1
Разраб.	Болоткевич						НУЗП 711452.001			М-110сн.20.14.1.00015				
Прийняв.	Гончар Н.В.													
Н.контр.	Дядя С.І.						Кришка			Цех	94	РМ	015	
										9	2	4		



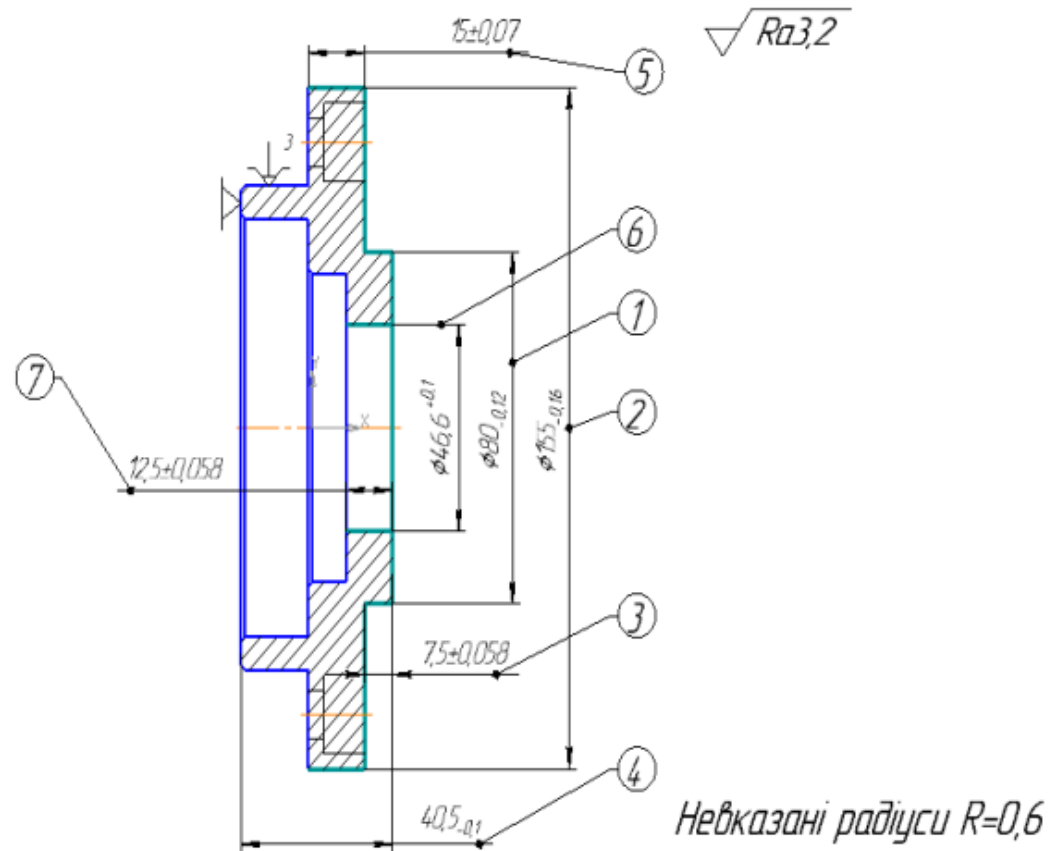
Невказані радіуси $R=0,6$ мм
* - розмір для довідок

ГОСТ 3.14.04-86 форма 2а

Додл																		
Взам																		
Подл																		
														НУЗП 02.14.123.001			Лист 2	
														НУЗП 7114.52.001			М-110сн.60.14.100020	020
<i>P</i>											<i>ТМ</i>	<i>D или B</i>	<i>L</i>	<i>T</i>	<i>i</i>	<i>S</i>	<i>n</i>	<i>V</i>
01	РІ: Різець 2141-0056 Т15К6 ГОСТ 18883-73																	
Р02											03	45,461	12,5	2,725	1	0,15	1687	240,81
03											04	46,6	12,5	0,775	1	0,144	2339	34,305
04																		
005	4. Перевірити розміри 1-7 згідно норм контролю																	
Т06	ЗВ: Калібр-скоба 8113-0414 h10 ГОСТ 18365-93; Калібр-скоба 8113-0153 h10 ГОСТ 18360-93; Калібр-градка спеціальна \emptyset 46,6Н12; Шаблон спеціальний (3 шт.).																	
07																		
08																		
09																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
OK																		
Операційна карта																		

ГОСТ 3.1105-84 , форма 7

Дцол.															
Взам.															
Подл.															
ЮТ №0207										НУЗП 02.14.123.001		1	1		
Разрад.	Волоткевич					НУЗП 711452.001				М-110сп.20.14.1.00020					
Принял	Гончар Н.В.														
Н.контр.	Дядя С.І.					Кришка				Цех	Уч.	РМ	020		
										9	2	5			



КЗ

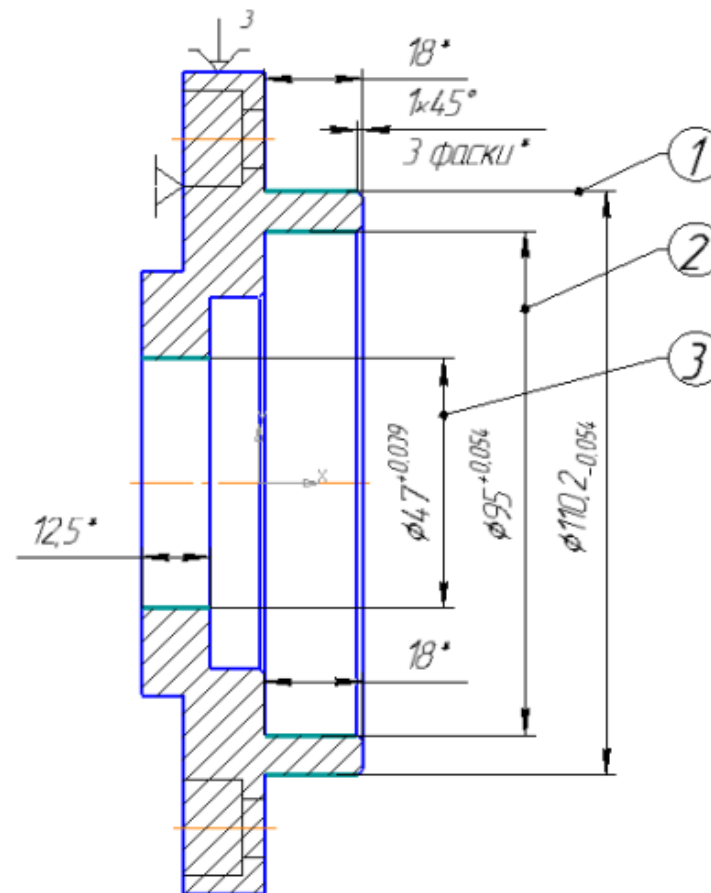
Карта эскизов

ГОСТ 3.1404-86 форма 2а

Дцдл																					
Взам																					
Подл																					
																	НУЗП 02.14.123.001	Лист 2			
																	НУЗП 7114.52.001	М-110ст.60.14.100025	025		
Р											ГМ	Д или В	L	f	r	S	n	V			
01											03	47	12,5	0,17	1	0,04	1016	150			
02																					
003	4. Перевірити розміри 1-3 згідно норм контролю																				
Т04	ЗВ: Калібр-скоба 8118-0016 НВ ГОСТ 2216-84; Калібр-продка 8140-0174 НВ ГОСТ 14823-69; Калібр-продка 8136-0019 НВ ГОСТ 14815-69;																				
05	Калібр-продка 8133-0960 НВ ГОСТ 14810-69.																				
06																					
07																					
08																					
09																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
																	OK	Операційна карта			

ГОСТ 3.1105-84 , форма 7

Діюч.											
Взам.											
Літол.											
ІОТ №0207							НУЗП 02.14.123.001		1	1	
Разраб.	Волоткевич			НУЗП 711452.001			М-110сп.20.14.100025				
Принял	Гончар Н.В.										
Н.контр.	Дядя С.І.			Кришка			Цех	94	РМ	025	
							9	2	6		

1. Невказані фаски радіуси $R=0,6$ мм

2 * - розмір для довідок

КЗ

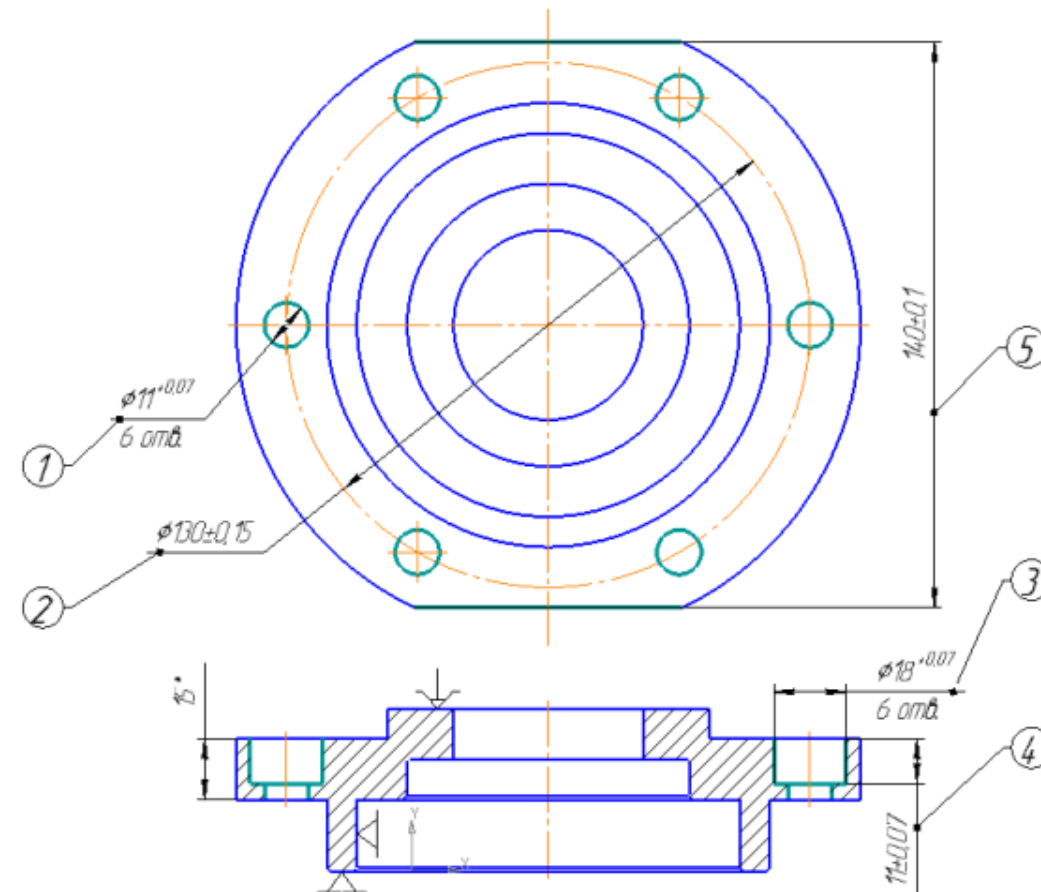
Карта ескизов

ГОСТ 3.1404-86 форма 2а

Додл.																				
Взам.																				
Подл.																				
													НУЗП 02.14.123.001		Лист 2					
													НУЗП 711452.001		М-110ст.60.14.100030		030			
P													ПМ	Д или В	L	f	i	S	n	V
001	4. Фрезерувати дві лиски програмі, витримуючи розмір 5																			
102	ВІ: Блок інструментальний																			
03	РІ: Фреза 2220-0019 ГОСТ 17025-71																			
Р04													03	15	11	7,5	1	0,08	589	33,29
05																				
006	4. Перевірити розміри 1-5 згідно норм контролю																			
107	ЗВ: Калібр-пробка 8133-0924 Н10 ГОСТ 14.810-69; Калібр-пробка 8133-0932 Н10 ГОСТ 14.810-69; Шаблон спеціальний (3 шт.)																			
08																				
09																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
OK		Операційна карта																		

ГОСТ 3.1105-84 , форма 7

Цюл.										
ВЗом.										
Плол.										
ЮТ №0207							НУЗП 02.14.123.001		1	1
Разрад.	Валоткевич			НУЗП 711452.001			М-110сп.20.14.100030			
Прийнял	Гончар Н.В.									
Н.контр.	Дядя С.І.			Кришка			Цех 11	Уч. 1	РМ 4	030



ГОСТ 3.14.04-86 форма 2а

Дубль																									
Взам.																									
Подл.																									
										НУЗП 02.14.123.001				Лист 2											
										НУЗП 7114.52.001				М-110ст.60.14.100040		040									
Р										ПМ		D или B		L		F		i		S		n		V	
001		4. Перевірити розміри 1, 2 згідно норм контролю																							
102		ЗВ: Калібр-скоба 8118-0015 F7 ГОСТ 2216-84; Калібр-пробка 8133-1109 Н10 ГОСТ 14.812-69; Калібр-пробка 8133-1159 Н10 ГОСТ 14.813-69.																							
03																									
04																									
05																									
06																									
07																									
08																									
09																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
OK		Операційна карта																							

Дітол.																						
Взам.																						
Повол.																						
ІОТ №0207												НУЗП 02.14.123.001					1	1				
Разрад.	Валоткевич														НУЗП 711452.001		М-110сп.20.14.100040					
Принял	Гончар Н.В.																					
Н.контр.	Дядя С.І.														Кришка		Цех	94	РМ	040		
															6	2	1					

