

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний інститут, машинобудівний факультет
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра «Технологія машинобудування»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

перший (бакалаврський)
(ступінь вищої освіти)

на тему «Розробка технологічного процесу виготовлення втулки»

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи М-110сп

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
«Технології машинобудування»

Пальчук З.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник Кондратюк Е.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Матюхін А.Ю.

(прізвище та ініціали)

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
« _____ » _____ 20 ____ року

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

Пальчук Захар Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) _____ Розробка технологічного процесу виготовлення
втулки _____

керівник проєкту (роботи) _____ Кондратюк Е.В., к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 03 » квітня 2023 року №83

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) _____ 05 червня 2023

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) _____ робоче креслення деталі, річна програма
випуску N=2000шт _____

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

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1, 2, 3, 5	Кондратюк Е.В.		
4	Пухальська Г.В.		
нормоконтр.	Дядя С.І.		

7. Дата видачі завдання 01 травня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	15.05.2023	
2	Конструкторська частина	22.05.2023	
3	Розробка планування ділянки	27.05.2023	
4	Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки	29.05.2023	
5	Оформлення пояснювальної записки, креслень, технологічних карт	05.06.2023	
6	Нормоконтроль і рецензія	07.06.2023	
7	Захист дипломного проекту	08.06.2023	

Студент

(підпис)

Пальчук З.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Кондратюк Е.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 90 с., 28 рис., 23 табл., 2 додатки, 13 джерел.

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

Об'єкт дослідження – втулка.

Мета роботи – розробити технологічний процес виготовлення втулки.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В дипломному проєкті розроблено технологічний процес виготовлення втулки, передбачено економічні ризики виробництва, розраховано режими різання, норми часу, розроблено керуючу програму для операцію з ЧПК, спроєктовано 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 Опис конструкції і службового призначення деталі.....	9
1.2 Вибір типу виробництва та форми організації робіт.....	10
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.....	10
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі.....	14
1.4.1 Вибір технологічних баз.....	14
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	14
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	17
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	20
1.6 Розрахунок режимів різання.....	24
1.6.1 Операція 075 – шліфувальна.....	24
1.6.2 Операція 035 – свердлильна.....	26
1.6.3 Операція 025 – токарна з ЧПК.....	29
1.7 Технічне нормування операцій.....	34
1.7.1 Технічне нормування шліфувальної операції 075.....	34
1.7.2 Технічне нормування свердлильної операції 035.....	36
1.7.3 Технічне нормування токарної операції 025.....	37
1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК.....	39
2 Конструкторська частина.....	44
2.1 Проектування робочого пристосування.....	44
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	44
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосувань на точність.....	45
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу.....	48
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	52

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування	52
2.3 Розрахунок на міцність деталі	53
3 Розробка планування дільниці.....	56
4 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки	59
5 Охорона праці.....	69
5.1 Захист від підвищеного рівня вібрації	69
Висновки.....	73
Перелік джерел посилання.....	74
Додаток А. Специфікація робочого пристосування.....	76
Додаток Б. Технологічні карти	79

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

КГШП – кривошипно-гарячештампувальний прес

КВМ – коефіцієнт використання матеріалу

КП – керуюча програма

МВД – маршрут виготовлення деталі

МОП – маршрут обробки поверхні

РТК – розрахунково-технологічна карта

ППТЯ – послідовність показників точності та якості

САПР – системи автоматизованого проектування

ТП – технологічний процес

ТО – термічна обробка

ЧПК – числове програмне керування

ВСТУП

Сукупність методів та прийомів виготовлення машин, вироблених протягом тривалого часу і використовуваних у певній галузі виробництва, становить технологію цієї галузі. У зв'язку із цим виникли поняття: технологія лиття, технологія обробки тиском, технологія зварювання, технологія механічної обробки, технологія збирання машин. Всі ці процеси виробництва відносяться до технології машинобудування, що охоплює всі етапи виготовлення машинобудівної продукції. У «Технології машинобудування» комплексно вивчаються питання взаємодії верстата, пристосування, ріжучого інструменту та оброблюваної деталі; шляхи побудови найбільш раціональних, тобто найбільш продуктивних та економічних, технологічних процесів обробки деталей машин, включаючи вибір металорізального обладнання та технологічного оснащення.

При розробці технологічних процесів виготовлення деталей машин необхідно враховувати основні напрямки в сучасній технології машинобудування. А також прагнути наближення заготовок за формою, розмірами і якістю поверхонь до готових деталей, що дає можливість зменшити витрату матеріалу, значно знизити трудомісткість обробки деталей на металорізальних верстатах, а також зменшити витрати на ріжучі інструменти, електроенергію та інше. Підвищення продуктивності праці при розробці технологічних процесів можливе при застосуванні автоматичних ліній та верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), більш досконалих методів обробки, нових марок матеріалів ріжучих інструментів.

Застосування прогресивних високопродуктивних методів обробки, що забезпечують високу точність і якість поверхонь деталей машини, методів зміцнення робочих поверхонь, що підвищують ресурс роботи деталі і машини в цілому, ефективне використання автоматичних і потокових ліній, верстатів з ЧПК – все це спрямовано на вирішення головних завдань «Технології машинобудування»: підвищення ефективності виробництва і якості продукції.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Деталь «Втулка» (рис. 1.1) входить до складу редуктора домкрата. Призначення деталі «Втулка» – це кріплення ручки перемикання режиму роботи редуктора. За допомогою неї можливо обрати один з двох режимів роботи редуктора: ручний та механічний. При механічному режимі обертання редуктора здійснює електричний двигун, а при ручному – фізична сила оператора, якій обертає ручку ручного обертання редуктора. Деталь виготовлено із легованої сталі 40Х згідно таблиці 1.1. З даної сталі виготовляють деталі підвищеної міцності, такі як: осі, вали, вал-шестірні, плунжери, штоки, колінчасті та кулачкові вали, кільця, шпинделі, оправки, рейки, губчасті вінці, болти, піввісі, втулки та інші.

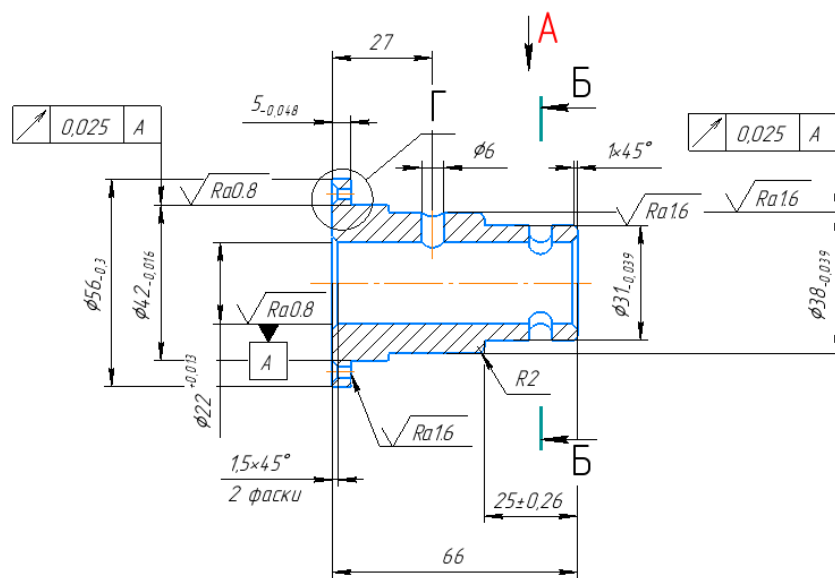


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 40Х [1]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,36...0,44	0,17...0,37	0,5...0,8	<0,3	<0,035	<0,035	0,8...1,1	<0,3

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Маса деталі «Втулка» становить 0,37 кг, враховуючи річну програму випуску 2000 штук тип виробництва призначаємо згідно методики [2, 3], як серійний. Для обробки деталі «Втулка» обираємо поточну форму організації робіт.

Кількість партії оброблюваних деталей розраховується за формулою (1.1):

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

де N – річна програма випуску, N=2000 шт;

α – періодичність запуску партій деталей в виробництво;

A – кількість робочих днів на рік.

$$n = \frac{3 \cdot 2000}{250} = 24 \text{ шт}$$

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

На метод отримання заготовки впливають техніко-економічні показники технологічного процесу виготовлення деталі. Згідно аналізу конструкції деталі, маси, програми випуску заготовку деталі «Втулка» можна отримати наступними методами:

- штамповка на кривошипному гаряче штампованому пресі (КГШП);
- прокат.

Для штампованої заготовки встановлюються наступні характеристики [4]:

- клас точності – Т2;
- група сталі – М3;

- ступінь складності – С1;
- нахили для зовнішніх поверхонь – $3 \pm 1^\circ$;
- радіуси заокруглень – 4 мм.

Маса заготовки визначається за допомогою програмного забезпечення шляхом виміру масово-центровочних характеристик. Ескіз заготовок наведено на рис. 1.2-1.3. Припуски на всі поверхні приймаються в залежності від їх маси згідно [5]: для КГШП – 1,9...2,5 мм.

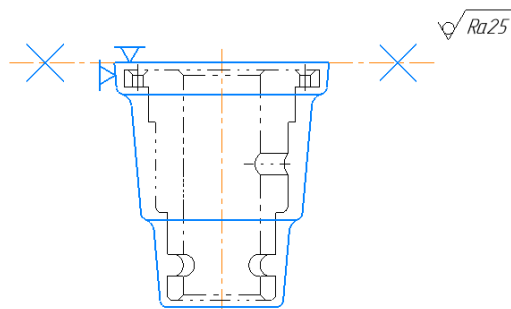


Рисунок 1.2 – Ескіз заготовки, що отримується на КГШП

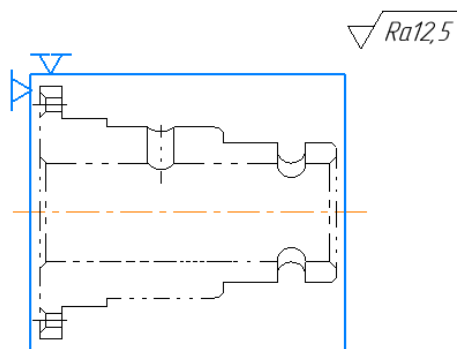


Рисунок 1.3 – Ескіз заготовки, що отримується з прокату

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

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

де Q – вага заготовки, кг;

q – вага деталі, кг;

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

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

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

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

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

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

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

$$V_{\text{КГШП}} = \frac{3500}{1000} \cdot 0,86 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,51 \cdot 0,77 \cdot 1,27 \cdot 1 - (0,86 - 0,37) \cdot \frac{140}{1000} = 4,37 \text{ грн}$$

$$V_{\Pi} = \frac{1260}{1000} \cdot 1,34 - (1,34 - 0,37) \cdot \frac{140}{1000} = 1,55 \text{ грн}$$

Порівняльні показники обраних методів заготовки заносяться в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Результати розрахунків заготовок

Показник	Позначення	Одиниці виміру	Варіант заготовки	
			КГШП	П
Вага заготовки	Q	кг	0,86	1,34
Базова вартість 1 т заготовки	V_B	грн	3500	1260
Коефіцієнти	K_T		1	
	K_M		1,51	
	K_C		0,77	
	K_3		1,27	
	K_{Π}		1	
Вартість 1 т стружки	$V_{\text{відх}}$	грн	140	140
Собівартість заготовки	V_3	грн	4,37	1,55
КВМ	η		0,43	0,27

Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) розраховується за формулою:

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

$$\eta_{\text{КГШП}} = \frac{0,37}{0,86} = 0,43$$

$$\eta_{\text{П}} = \frac{0,37}{1,34} = 0,27$$

Річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок:

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

де N – річна програма випуску, шт.

$$E_B = (4,37 - 1,55) \cdot 2000 = 4640 \text{ грн}$$

Заощадження на металі при виготовленні заготовки штампуванням:

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

$$M_e = \frac{0,37 \cdot (0,43 - 0,27)}{0,43 \cdot 0,27} \cdot 2000 = 1019 \text{ кг}$$

Так як отримали значення $B_2 < B_1$, але $\eta_2 < \eta_1$, то порівнюємо додаткові витрати згідно формули:

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

$$B_1 = \frac{3500}{1000} \cdot 1019 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,51 \cdot 0,77 \cdot 1,27 \cdot 1 = 5266,4 \text{ грн}$$

Тому, що $E_B < B_1$ кращим варіантом отримання заготовки буде штампування на ГКШП.

1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

1.4.1 Вибір технологічних баз

В якості чорнових баз, на першій операції, обираємо циліндричну поверхню $\varnothing 52$ та крайній торець розмір 66 мм. На токарних операціях забезпечуємо наступні бази: зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 42$ мм та крайній торець розмір 5 мм, отвір $\varnothing 22$. Ці бази будуть використані для фрезерної, свердлильної, шліфувальної операцій. При такому виборі баз забезпечується точність обробки та найменша похибка установки.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Маршрут обробки поверхні (МОП) складається з послідовності переходів обробки поверхонь. На рис. 1.4. зображена технологічна нумерація поверхонь деталі.

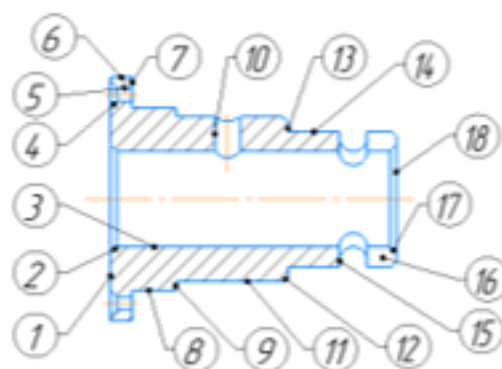


Рисунок 1.4 – Технологічна розмітка поверхонь деталі

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

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

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

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

де Td_3 – допуск на розмір заготовки, мкм;

Td_d – допуск на розмір деталі, мкм;

Ra_3 – параметр шорсткості заготовки, мкм;

Ra_d – параметр шорсткості деталі, мкм;

Δ_3 – похибка форми заготовки, мкм;

Δ_d – похибка форми деталі, мкм.

Для поверхні 11 – $\varnothing 38h8(-0,039)$.

$$\varepsilon_d = \frac{1,2}{0,039} = 30,7$$

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

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{1}{0,025} = 40$$

Кількість переходів розраховується по превалюючому показнику за формулою:

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

$$k = 2 \cdot \lg 40 = 3,2$$

Приймаємо $k=3$ переходи. Визначаємо різницю показників якості та розподіляємо цю різницю між $k=3$ переходами за законом прогресивного зменшення: $IT = IT_{17} - h_8 = 9 = 5 + 2 + 2$.

Послідовність показників точності та якості (ППТЯ):

1) Для допуску – $IT_{17} \rightarrow h_{12} \rightarrow h_{10} \rightarrow TO \rightarrow h_8$

2) Для шорсткості – $Ra_{25} \rightarrow Ra_{6,3} \rightarrow Ra_{3,2} \rightarrow TO \rightarrow Ra_{1,6}$

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

Перший перехід – точіння чорнове: $T_{D1}=250$ мкм; $T_{Ra1}=6,3$ мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d1} = \frac{1200}{250} = 6$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{25}{6,3} = 3,9$$

Другий перехід – точіння чистове: $T_{D2}=100$ мкм; $T_{Ra2}=3,2$ мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{250}{100} = 2,5$$

$$\varepsilon_{Ra2} = \frac{6,3}{3,2} = 1,9$$

Перевірка:

$$\Pi \varepsilon_{di} = 4,8 \cdot 2,5 = 12 < \varepsilon_d = 30,7$$

$$\Pi \varepsilon_{Ra} = 3,9 \cdot 1,9 = 7,4 < \varepsilon_{Ra} = 15,6$$

Третій перехід – шліфування: $T_{D4}=39$ мкм; $T_{Ra4}=1,6$ мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d4} = \frac{100}{39} = 2,5$$

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

Перевірка:

$$\begin{aligned}\Pi \varepsilon_{di} &= 12 \cdot 2,5 = 30 < \varepsilon_d = 30,7 \\ \Pi \varepsilon_{Ra} &= 7,4 \cdot 2 = 14,8 < \varepsilon_{Ra} = 15,6\end{aligned}$$

Розрахунок МОП інших поверхонь заносено до таблиці 1.3.

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі «Втулка» складається з наступних етапів:

- 1) I етап – отримання заготовки,
- 2) II термічна обробка (ТО);
- 3) III етап – механічна обробка:
 - токарна обробка (чорнова, чистова);
 - фрезерна обробка;
 - свердлильна обробка
 - слюсарна обробка
- 4) IV етап – мийка, контроль;
- 5) V етап – ТО;
- 6) VI етап – шліфування (чорнове, чистове)
- 7) V етап – мийка, контроль.

Маршрут виготовлення наведено в графічній частині дипломної роботи на плакаті НУЗП 715003.017.

Таблиця 1.3 – Маршрут обробки поверхонь деталі

Характер поверхні	Показники	Уточнення	Кількість переходів		Різниця показників ППТЯ	МОП		Параметр по переходам		Уточнення	
			розр	прийн		i	Метод обробки	допуск розміру	шорсткість	розміру	шорсткості
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зовнішня циліндрична поверхня 11 Ø38h6 _(-0.039) Ra1,6	Td	30,7	3,2	3	Δ IT = IT17 – h8 =9 IT17 → h12 → h10 → h8 Ra25 → Ra6,3 → Ra3,2→ Ra1,6	1	Заготовка-штамповка	1200	25	-	-
	Ra	15,6				2	Точіння чорнове	250	6,3	4,8	3,9
						3	Точіння чистове	100	3,2	2,5	1,9
						4	Термічна обробка	-	-	-	-
						5	Шліфування	39	1,6	2,5	2
Зовнішня циліндрична поверхня 14 Ø31h8 _(-0.039) Ra1.6	Td	30,7	3,2	3	Δ IT = IT17 – h8 =9 IT17 → h12 → h10 → h8 Ra25 → Ra6,3 → Ra3,2→ Ra1,6	1	Заготовка-штамповка	1200	25	-	-
	Ra	15,6				2	Точіння чорнове	250	6,3	4,8	3,9
						3	Точіння чистове	100	3,2	2,5	1,9
						4	Термічна обробка	-	-	-	-
						5	Шліфування	39	1,6	2,5	2

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Торцюва поверхня 7 5h10(-,0,048) Ra6,3	Td	25	2,8	3	$\Delta IT = IT17 - h10 = 7$ $IT17 \rightarrow h14 \rightarrow h12 \rightarrow h10$ $Ra25 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra1,6$	1	Заготовка-штамповка	1200	25	-	-	
	Ra	15,6				2	Точіння чорнове	300	6,3	4	3,8	
						3	Точіння чистове	120	3,2	2,5	1,9	
						4	Термічна обробка	-	-	-	-	
						5	Шліфування	48	1,6	2,5	2	
Зовнішня циліндрична поверхня 8 Ø42h6(-,0,016) Ra0,8	Td	75	3,7	4	$\Delta IT = IT17 - h6 = 11$ $IT17 \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow h8 \rightarrow h6$ $Ra25 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra1,6 \rightarrow Ra0,8$	1	Заготовка-штамповка	1200	25	-	-	
	Ra	31,2					2	Точіння чорнове	250	6,3	4,8	3,9
							3	Точіння чистове	100	3,2	2,5	1,9
							4	Термічна обробка	-	-	-	-
							5	Шліфування чорнове	39	1,6	2,5	2
							6	Шліфування чистове	16	0,8	2,4	2

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Розрахунок припусків на поверхні деталі виконаємо розрахунково-аналітичним методом. Для зовнішньої циліндричної поверхні 11 – Ø38h8(-0.039):

1) для заготовки значення $Rz_1 = 160$ мкм та $h_1 = 200$ мкм [6]

Просторові відхилення заготовки розраховують за формулою:

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

де $\rho_{зм}$ – відхилення від соосності [6];

$\rho_{кор}$ – похибка від короблення.

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

де $\Delta_{кор}$ – кривизна поковки [6].

$$\rho_{кор} = 1,5 \cdot 66 = 99 \text{ мкм}$$

$$\rho_1 = \sqrt{0,6^2 + 0,099^2} = 0,61 \text{ мм}$$

2) для чорнового точіння $Rz_2=40$ мкм та $h_2=40$ мкм [6];

Просторові похибки для механічних переходів розраховуються з урахуванням коефіцієнту уточнення за формулою:

$$\rho_j = K_{ут} \cdot \rho_i, \text{ мм} \quad (1.13)$$

де $K_{ут}$ – коефіцієнт уточнення для переходів механічної обробки по [6].

$$\rho_2 = 0,06 \cdot 610 = 36 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_2 = 0,25 \cdot \sqrt{Td_{заг}^2 + 1} = 0,25 \cdot \sqrt{1,2^2 + 1} = 0,4 \text{ мм} \quad (1.14)$$

3) для чистового точіння $Rz_3=20$ мкм та $h_3=20$ мкм [6];

$$\rho_3 = 0,04 \cdot 4 = 1,6 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_3 = K_{yt} \cdot \varepsilon_{i-1} = 0,04 \cdot 400 = 16 \text{ мкм} \quad (1.15)$$

4) для ТО:

$$\rho_4 = \Delta_k \cdot L = 0,1 \cdot 66 = 6,6 \text{ мкм} \quad (1.16)$$

де $\Delta_{кор}$ – кривизна після ТО [6].

5) для шліфування $Rz_5=10$ мкм та $h_5=15$ мкм [6];

$$\rho_5 = 0,03 \cdot (6,6 + 1,6) = 0,2 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_5 = 0,03 \cdot 16 = 0,5 \text{ мкм}$$

Мінімальні припуски для переходів механічної обробки:

$$2z_i^{\min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (1.17)$$

$$2z_2^{\min} = 2(160 + 200 + \sqrt{610^2 + 400^2}) = 2178 \text{ мкм}$$

$$2z_3^{\min} = 2(40 + 40 + \sqrt{36^2 + 16^2}) = 238 \text{ мкм}$$

$$2z_5^{\min} = 2(20 + 20 + \sqrt{8,2^2 + 0,5^2}) = 96 \text{ мкм}$$

Максимальний розмір поверхні деталі – останнього переходу розраховується за формулою:

$$d_5^{\max} = d_5^{\min} + ES_{d5} \quad (1.18)$$

$$d_5^{\max} = 38 + 0 = 38 \text{ мм}$$

Максимальні розміри для механічних переходів розраховується за формулою:

$$d_i^{\max} = d_{i+1}^{\max} + 2z_{i+1}^{\min} + Td_i \quad (1.19)$$

$$d_3^{\max} = 38 + 0,1 + 0,096 = 38,196 \text{ мм}$$

$$d_2^{\max} = 38,196 + 0,25 + 0,238 = 38,684 \text{ мм}$$

$$d_1^{\max} = 38,684 + 2,178 + 1,2 = 42,06 \rightarrow 42,1 \text{ мм}$$

Мінімальні розміри поверхні розраховуються за формулою:

$$d_i^{\min} = d_i^{\max} - Td_i \quad (1.20)$$

$$d_5^{\min} = 38 - 0,039 = 37,961 \text{ мм}$$

$$d_3^{\min} = 38,196 - 0,1 = 38,096 \text{ мм}$$

$$d_2^{\min} = 38,684 - 0,25 = 38,434 \text{ мм}$$

$$d_1^{\min} = 42,1 - 1,2 = 40,9 \text{ мм}$$

Граничні значення припусків по переходам механічної обробки розраховуються за формулою:

$$2z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\min} \quad (1.21)$$

$$2z_2^{\max} = 42,1 - 38,434 = 3,666 \text{ мм}$$

$$2z_3^{\max} = 38,684 - 38,096 = 0,588 \text{ мм}$$

$$2z_5^{\max} = 38,196 - 37,961 = 0,235 \text{ мм}$$

Перевірка правильності розрахунків виконується за формулами:

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = TD_{\text{зар}} + TD_{\text{дет}} \quad (1.22)$$

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

$$2z_0^{\min} = d_1^{\min} - d_6^{\max} \quad (1.24)$$

$$2z_0^{\max} = 42,1 - 37,961 = 4,139 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\min} = 40,9 - 38 = 2,9 \text{ мм}$$

$$TD_0 = 1,2 + 0,039 = 1,239 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = 4,139 - 1,239 = 1,239 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір заготовки – $\varnothing 42,5^{+0,8}_{-0,4}$ мм.

Схема розташування допусків припусків та технологічних розмірів наведено на рис. 1.5 та таблиці 1.4.

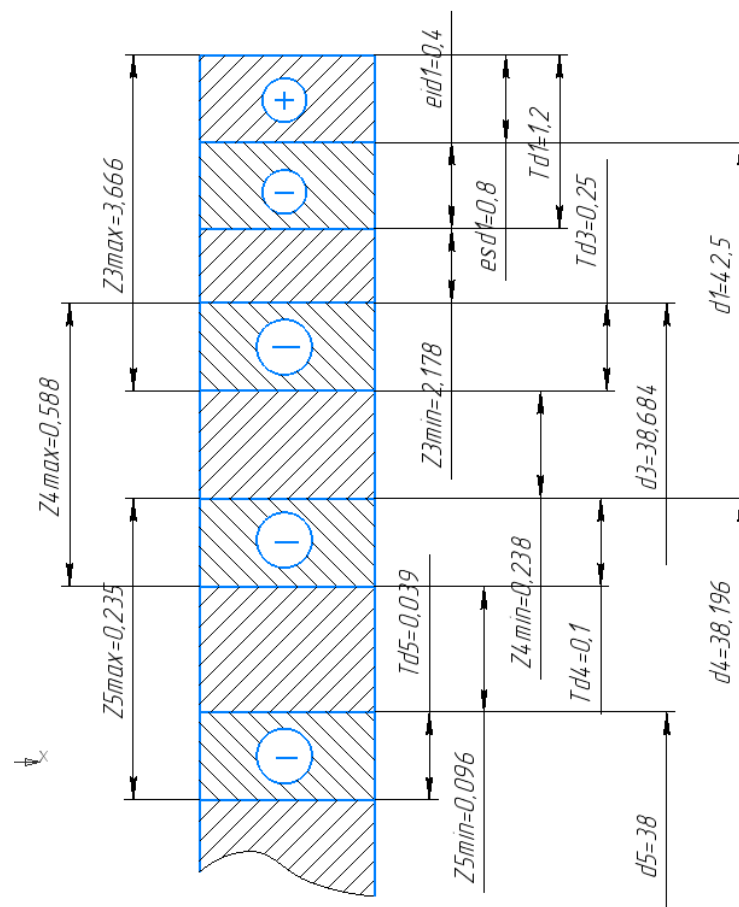


Рисунок 1.5 – Схема розташування допусків, припусків та технологічних розмірів

Таблиця 1.4 – Припуски та міжопераційні розміри

Характеристика поверхонь	МОП		Допуск	Граничні значення розмірів		Граничні значення припуски		Виконавчий розмір
	ІТ	Метод обробки		$d_i^{\max}$, мм	$d_i^{\min}$, мм	$2z_i^{\max}$	$2z_i^{\min}$	
Пов. 11 Ø38h8 Ra=1,6 ↑=0,025	17	Заготовка	1,3	42,1	40,9	-	-	Ø42,5 ^{+0,8} _{-0,4}
	12	Точен. чорн.	0,25	38,684	38,434	3666	2178	Ø 38,68 _{-0,25}
	10	Точен. чист.	0,1	38,196	38,096	588	238	Ø 38,19 _{-0,1}
	-	ТО	-	-	-	-	-	-
	8	Шлиф.	0,039	38	37,961	235	96	Ø 38 _{-0,039}
	4,139-2,9=1,2+0,039		1,239=1,239		4,139		2,9	

1.6 Розрахунок режимів різання

1.6.1 Операція 075 – шліфувальна

Шліфування виконуємо на круглошліфувальному верстаті мод. 3А151. Інструмент: шліфувальне круг 1 600х63х305 15А 40Н СТ1 6 К8 А 50 м/с ГОСТ 2424-83 [7]. Пристосування – центр, хомутик повідковий. Операційний ескіз зображено на рис. 1.6.

Технічні характеристики верстата:

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

Припуск на обробку $Z_{\max}=0,235$ мм згідно таблиці 1.5.

Подача радіальна розраховуємо по формулі:

$$S_0 = S_{0T} \cdot K_S, \text{ мм/об} \quad (1.25)$$

де S_{0T} – табличне значення подачі, $S_{0T} = 0,008$ мм/об [8];

K_S – поправочний коефіцієнт на подачу

$$K_S = K_{SK} \cdot K_{Sy} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{Sr} \cdot K_{SM} \quad (1.26)$$

де KD – коефіцієнт враховуючий діаметр круга, $KD = 0,42$ [8];

KR – поправочний коефіцієнт враховуючий радіус галтелі, $KR = 0,85$ [8];

KT – поправочний коефіцієнт враховуючий стійкість круга, $KT = 1,0$ [8];

Kh – поправочний коефіцієнт враховуючий припуск на обробку, $Kh = 1,0$ [8];

KlT – коефіцієнт враховуючий квалітет виконання розміру, $KlT = 0,5$ [8];

KM – поправочний коефіцієнт враховуючий матеріал деталі, $KM = 1,0$ [8].

$$K_S = 0,42 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1 = 0,178$$

$$S_{\text{поп}} = 0,008 \cdot 0,178 = 0,0014 \text{ мм/об}$$

Обираємо з паспорту верстату: $S_{\text{поп}} = 0,001$ мм/об.

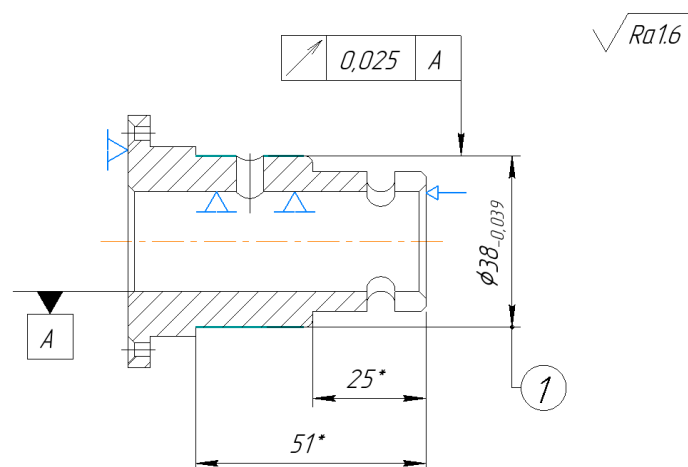


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз

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

Табличне значення швидкості різання визначаємо за довідковою літературою [8]:

- швидкість обертання круга – $V_{\text{ш.кр.}} = 50$ м/с;
- швидкість обертання деталі – $V_{\text{ш.дет.}} = 50$ м/хв.

Частоту обертання розраховуємо за формулою:

$$n_{\text{ш.кр.}}^p = \frac{1000 \cdot V_{\text{ш.кр.}} \cdot 60}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв} \quad (1.27)$$

$$n_{\text{ш.кр.}}^p = \frac{1000 \cdot 50 \cdot 60}{3,14 \cdot 600} = 1592 \text{ об/хв}$$

$$n_{\text{дет.}}^p = \frac{1000 \cdot V_{\text{ш.дет.}}}{\pi \cdot d}, \text{ об/хв} \quad (1.28)$$

$$n_{\text{дет.}}^p = \frac{1000 \cdot 50}{3,14 \cdot 38} = 497 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортом верстату $n_{\text{ш.кр.}}=1272 \text{ об/хв}$, $n_{\text{дет.}}=400 \text{ об/хв}$.

Фактичну швидкість різання розраховуємо за формулою (1.32):

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

$$V_{\text{дет.}} = \frac{3,14 \cdot 38 \cdot 400}{1000} = 48 \text{ м/хв}$$

Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{z \cdot k}{n_{\text{дет.}} \cdot S_{\text{поп}}}, \text{ хв} \quad (1.29)$$

де $k = 1,7$ – коефіцієнт уточнення.

$$T_o = \frac{0,235 \cdot 1,7}{400 \cdot 0,001} = 0,85 \text{ хв}$$

1.6.2 Операція 035 – свердлильна

Для свердління отворів обираємо радіально-свердильний верстат моделі 2М57. Операційний ескіз зображено на рис. 1.7.

Технічні характеристики верстата:

- 1) Найбільший умовний діаметр свердління у сталі – 75 мм;
- 2) Найбільше переміщення шпинделю – 1500 мм;
- 3) Конус в отворі шпинделя – Морзе В18;
- 4) Число швидкостей шпинделя – 6;
- 5) Частота обертання шпинделя – 12,5...1600 об/хв;
- 6) Подача шпинделя – 0,063...3,15 мм/об;
- 7) Потужність електродвигуна головного руху – 7,5 кВт.

Інструмент: свердло D=6 мм, Р6М5 ГОСТ 10903-77 [7].

Глибина різання дорівнює $t = \frac{6}{2} = 3$ мм.

Подача розраховується за формулою (1.25)-(1.26):

де S_{0T} – табличне значення подачі, $S_{0T} = 0,35$ мм/об [8];

K_{SI} – коефіцієнт, що враховує матеріал фрези, $K_{SI} = 0,9$ [8];

K_{SZ} – коефіцієнт, що враховує заточку свердла, $K_{SZ} = 0,9$ [8];

K_{Sl} – коефіцієнт, що враховує довжину свердла, $K_{Sl} = 0,9$ [8];

K_{SM} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу, $K_{SM} = 0,9$ [8].

$$K_S = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 0,59$$

$$S_0 = 0,35 \cdot 0,59 = 0,1 \text{ мм/об}$$

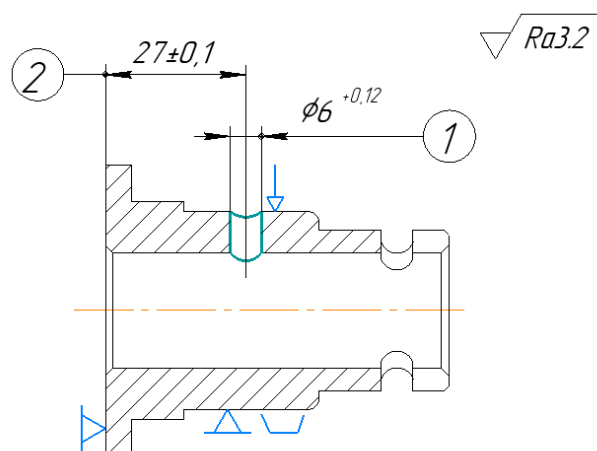


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз

Швидкість різання V , м/хв розраховується за формулою:

$$V = V_m \cdot K_V \quad (1.30)$$

де V_T – табличне значення швидкості різання, $V_T = 45,7$ м/хв [8];

K_V – поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_V = K_{V_m} \cdot K_{V_{и}} \cdot K_{V_j} \cdot K_{V_o} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_{HB}} \cdot K_{V_{\varepsilon}} \cdot K_{V_{ж}} \quad (1.31)$$

де K_{V_c} – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал, $K_{V_c} = 1$ [8];

$K_{V_{и}}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал фрези, $K_{V_{и}} = 1$ [8];

K_{V_T} – коефіцієнт, що враховує період стійкості інструмента, $K_{V_T} = 1$ [8];

K_{V_j} – коефіцієнт, що враховує довжину свердла, $K_{V_j} = 1,0$ [8];

K_{V_o} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні, $K_{V_o} = 1,0$ [8];

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

$$K_V = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,8$$

$$V = 45,7 \cdot 0,8 = 36,5 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя розраховується за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \quad (1.32)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 36,5}{3,14 \cdot 6} = 1937 \text{ об/хв}$$

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

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

$$V_d = \frac{n \cdot \pi \cdot d}{1000} \quad (1.33)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 2000}{1000} = 37 \text{ м/хв}$$

Визначення машинного часу:

$$t_o = \frac{l+l_2+l_1}{nS} \cdot n, \text{ хв} \quad (1.34)$$

де l – довжина свердління, мм;

l_2 – величина перебігу, мм;

l_1 – величина врізання, мм;

n – кількість отворів.

$$l_1 = \frac{D_{CB}}{2tg60}, \text{ мм} \quad (1.35)$$

$$l_1 = \frac{6}{2tg60} = 1,7 \text{ мм};$$

$$t_o = \frac{8+1,7+2}{0,1 \cdot 2000} \cdot 1 = 0,05 \text{ хв.}$$

1.6.3 Операція 025 – токарна з ЧПК

Обробка виконується на токарному верстаті з числовим програмним керуванням (ЧПК) DOOSAN GT2100. Технічна характеристика верстата наведена в таблиці 1.5. Операційний ескіз токарної операції наведений на рис.

1.8. В якості пристосування використовується патрон трьохкулачковий.

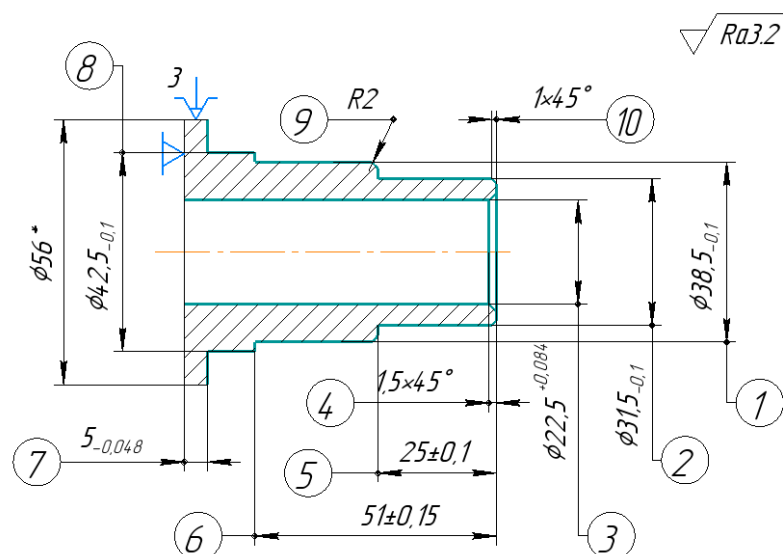


Рисунок 1.8 – Операційний ескіз токарної операції

Таблиця 1.5 – Технічна характеристика верстата

Параметри	Значення
Найбільший розмір оброблюваної деталі, мм	390
Найбільше повздовжнє переміщення супорта, мм	562
Діаметр патрона, мм	210
Крутний момент, Нм	313
Потужність привода шпинделя, кВт	18,5
Частота обертання шпинделя, хв ⁻¹	4500
Швидкість руху подачі, мм/хв	
-повздовжня	1-1200
-поперечної	0,5-600
Швидкість прискореного переміщення, м/хв, супорту	
-повздовжнього	24
-поперечного	30
Система ЧПУ	Fanuc
Позицій інструмента	12
Вага, кг	3700

Операція складається із наступних переходів:

- Підрізка торцю та зовнішнє точіння;
- Точіння отвору.

Інструмент:

1) різець підрізний $\varphi=95^\circ$, $\alpha=10^\circ$, $\gamma=8^\circ$; $r=0,8$ мм, 25x16x140, BK6 ГОСТ 18880-73 [7];

2) різець розточний $\varphi=95^\circ$, $\alpha=10^\circ$, $\gamma=8^\circ$; $r=0,8$ мм, 20x20x140, BK4 ГОСТ 18883-73 [7];

Виконаємо розрахунок першого переходу – підрізка торця.

Припуск на обробку торця:

$$h = L_{\text{заг}} - L_{\text{дет}}, \quad (1.36)$$

$$h = \frac{D_{\text{заг}} - D_{\text{дет}}}{2}, \quad (1.37)$$

де $D_{\text{заг}}$, $L_{\text{заг}}$ – розмір заготовки, мм;

$D_{\text{дет}}$, $L_{\text{дет}}$ – операційний розмір деталі, мм.

$$h_1 = 66,5 - 66 = 0,5 \text{ мм}$$

$$h_2 = \frac{38,684 - 38,196}{2} = 0,25 \text{ мм}$$

Глибина різання t , мм розраховується за формулою:

$$t = \frac{h}{i}, \quad (1.38)$$

де h – припуск на обробку, мм;

i – кількість проходів.

$$t_1 = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ мм}$$

$$t_2 = \frac{0,25}{2} = 0,12 \text{ мм}$$

Подача розраховується за формулою (1.25, 1.26):

де S_{0T} – табличне значення подачі, $S_{0T} = 0,48$ мм/об [8];

K_{Sp} – коефіцієнт, що враховує спосіб кріплення ріжучої пластини,

$K_{Sp} = 1,0$ [8];

K_{Sd} – коефіцієнт, що враховує діаметр до обробки і після, $K_{Sd} = 0,62$ [8];

K_{Si} – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої пластини, $K_{Si} = 0,8$ [8];

K_{Sn} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні деталі, $K_{Sn} = 1,0$ [8];

K_{Sm} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу,

$K_{Sm} = 0,8$ [8];

$K_{S\ell}$ – коефіцієнт, що враховує відношення вильоту різця до його довжини, $K_{S\ell} = 0,74$ [8];

$K_{S\varepsilon}$ – коефіцієнт, що враховує геометрію різця, $K_{S\varepsilon} = 1,0$ [8].

$$K_S = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,74 \cdot 1,0 \cdot 0,62 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 0,29$$

$$S_0 = 0,48 \cdot 0,29 = 0,12 \text{ мм/об}$$

Приймаємо за паспортом верстата $S_0 = 0,1$ мм/об.

Швидкість різання V , м/хв розраховується за формулою (1.30, 1.31):

де V_T – табличне значення швидкості різання, $V_T = 241$ м/хв [8];

K_{VM} – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал, $K_{VM} = 0,85$ [8];

K_{VH} – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої пластини, $K_{VH} = 0,8$ [8];

K_{Vj} – коефіцієнт, що враховує жорсткість верстата, $K_{Vj} = 1,0$ [8];

K_{Vo} – коефіцієнт, що враховує вид обробки, $K_{Vo} = 0,9$ [8];

K_{VT} – коефіцієнт, що враховує період стійкості інструмента,
 $K_{VT} = 0,7$ [8];

K_{VHB} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу,
 $K_{VHB} = 1,0$ [8];

$K_{V\varepsilon}$ – коефіцієнт, що враховує геометрію різця, $K_{V\varepsilon} = 1,0$ [8];

$K_{Vж}$ – коефіцієнт, що враховує роботу з охолодженням, $K_{Vж} = 1,0$ [8].

$$K_V = 0,85 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,43$$

$$V = 241 \cdot 0,43 = 103 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя n , об/хв розраховується за формулою (1.32):

$$n = \frac{1000 \cdot 103}{3,14 \cdot 52} = 630 \text{ об/хв}$$

Приймається фактична частота обертання шпинделя верстата відповідно до паспортних даних $n_d = 650$ об/хв.

Дійсна швидкість різання V_d , м/хв розраховується за формулою (1.33):

$$V_d = \frac{650 \cdot 3,14 \cdot 52}{1000} = 106 \text{ м/хв}$$

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

$$L_{px} = l_{обр} + l_{вр} + l_{пер}, \quad (1.39)$$

де $l_{\text{обр}}$ – довжина обробки, мм;

$l_{\text{вр}}$ – величина врізання [8];

$l_{\text{пер}}$ – перебігу [8].

$$L_{\text{рх}} = 4,5 + 2 + 0,5 + 2 + 73 + 0,5 = 82,5 \text{ мм}$$

Режими різання на інші переходи розраховуються аналогічно. Результати розрахунків режимів різання за переходами наведено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Режими різання за переходами на операцію токарну з ЧПК

Перехід	D мм	t, мм	S _o мм/об	V _д , м/хв	n _д , хв ⁻¹	ℓ _{обр} , мм	L _{рх} , мм	i, шт
1	52	0,25	0,1	102	650	77,5	82,5	2
2	21,5	0,1	0,05	101	1500	66	68,5	4

Машинний час розраховується за формулою:

$$t_o = \frac{L_{\text{рх}}}{S_o \cdot n} \cdot i, \text{ хв} \quad (1.40)$$

$$t_{o1} = \frac{82,5}{0,1 \cdot 650} \cdot 2 = 2,5 \text{ хв}$$

$$t_{o2} = \frac{68,5}{0,05 \cdot 1500} \cdot 4 = 3,6 \text{ хв}$$

$$\sum T_0 = 2,5 + 3,6 = 6,1 \text{ хв}$$

Результати розрахунку режимів різання для решти операцій приведено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Результати розрахунку режимів різання та норм часу

Номер та назва операції	Номер переходу	Режими різання				
		глибина різання t, мм	кількість проходів i	подача S, мм/об	швидкість різання V, м/хв	частота обертів шпинделя n, об/хв
1	2	3	4	5	6	7
015 Токарна з ЧПК	01	1,5	4	0,2	105	650
	02	5	1	0,2	35	1100

Продовження табл. 1.7

1	2	3	4	5	6	7
020 Токарна з ЧПК	01	0,5	4	0,1	105	650
	02	5	1	0,1	35	550
025 Токарна з ЧПК	01	0,25	2	0,1	102	650
	02	0,1	4	0,05	101	1500
030 Фрезерна	01	4,5	2	40мм/хв	23	800
035 Свердлильна	01	3	1	0,1	37	2000
040 Свердлильна	01	1,5	6	0,05	25	2600
065 Внутрішньошліфувальна	01	0,5	30	0,002/3	39,9/42	12000/350
070 Круглошліфувальна	01	0,4	1	0,001	40/45	1272/400
075 Круглошліфувальна	01	0,235	1	0,001	40/48	1272/400
080 Круглошліфувальна	01	0,2	1	0,001	40/37	1272/400
085 Внутрішньошліфувальна	01	0,1	20	0,001/3	39,9/47	12000/350
090 Круглошліфувальна	01	0,1	1	0,001	40/37	1272/400

1.7 Технічне нормування операцій

1.7.1 Технічне нормування шліфувальної операції 075

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{мд}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.41)$$

де $t_{\text{вст}}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{\text{вст}} = 0,4$ хв [9];

$t_{\text{мд}}$ – машинодопоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь, $t_{\text{мд}} = 0,65$ хв [9];

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

$$t_{\text{контр}} = t_{\text{вим}} \cdot K_n, \quad (1.42)$$

де $t_{\text{вим}}$ – час на вимірювання, $t_{\text{вим}} = 0,2$ хв [9];

K_n – періодичність вимірювань, $K_n = 0,4$ [9].

$$t_{\text{контр}} = 0,2 \cdot 0,4 = 0,08 \text{ хв}$$

$$t_{\text{доп}} = 0,4 + 0,65 + 0,08 = 1,13 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою:

$$t_{оп} = t_o + t_{доп} \quad (1.43)$$

$$t_{оп} = 0,85 + 1,13 = 1,98 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою:

$$t_{дод} = t_{оп} \cdot \alpha \quad (1.44)$$

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, $\alpha = 10\%$ [9].

$$t_{дод} = 1,98 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою:

$$t_{шт} = t_{оп} + t_{дод} \quad (1.45)$$

$$t_{шт} = 1,98 + 0,2 = 2,18 \text{ хв}$$

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

$$t_{пз} = t_{пз1} + t_{пз2} + t_{пз3} \quad (1.46)$$

де $t_{пз1}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни, $t_{пз1} = 12 \text{ хв}$ [9];
 $t_{пз2}$ – час на додаткові прийоми, що не увійшли в комплекс, $t_{пз2} = 13 \text{ хв}$ [9];
 $t_{пз3}$ – час на пробну обробку деталі, $t_{пз3} = 5 \text{ хв}$ [9].

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

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою:

$$t_{шт-к} = t_{шт} + \frac{t_{пз}}{n} \quad (1.47)$$

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

$$t_{\text{шт-к}} = 2,18 + \frac{30}{24} = 3,43 \text{ хв}$$

1.7.2 Технічне нормування свердлильної операції 035

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою (1.41, 1.42):

де $t_{\text{вст}}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{\text{вст}} = 0,2 \text{ хв}$ [9];

$t_{\text{мд}}$ – машинодопоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь, $t_{\text{мд}} = 0,5 \text{ хв}$ [9];

$t_{\text{вим}}$ – час на вимірювання, $t_{\text{вим}} = 0,1 \text{ хв}$ [9];

K_n – періодичність вимірювань, $K_n = 1$ [9].

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

$$t_{\text{доп}} = 0,2 + 0,5 + 0,1 = 0,8 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.43):

$$t_{\text{оп}} = 0,05 + 0,8 = 0,85 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.44):

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, $\alpha = 10\%$ [9].

$$t_{\text{дод}} = 0,85 \cdot 0,1 = 0,09 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.45):

$$t_{\text{шт}} = 0,85 + 0,09 = 0,94 \text{ хв}$$

Підготовчо-заклучний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (1.46):

де $t_{пз1}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни, $t_{пз1} = 10$ хв [9];
 $t_{пз2}$ – час на додаткові прийоми, що не увійшли в комплекс, $t_{пз2} = 10$ хв [9];
 $t_{пз3}$ – час на пробну обробку деталі, $t_{пз3} = 5$ хв [9].

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

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.47):

$$t_{шт-к} = 0,94 + \frac{25}{24} = 1,98 \text{ хв}$$

1.7.3 Технічне нормування токарної операції 025

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою (1.41, 1.42):

де $t_{вст}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{вст} = 0,4$ хв [9];

$t_{мд}$ – машинодопоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь, $t_{мд} = 0,4$ хв [9];

$t_{вим}$ – час на вимірювання, $t_{вим} = 0,2$ хв [9];

K_n – періодичність вимірювань, $K_n = 0,4$ [9].

$$t_{контр} = 0,2 \cdot 0,4 = 0,08 \text{ хв}$$

$$t_{доп} = 0,4 + 0,4 + 0,08 = 0,88 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.43):

$$t_{оп} = 6,1 + 0,88 = 6,98 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.44):

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця,

відпочинок та особисті потреби, $\alpha = 10\%$ [9].

$$t_{\text{дод}} = 6,98 \cdot 0,1 = 0,7 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.45):

$$t_{\text{шт}} = 6,98 + 0,7 = 7,68 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (1.46):

де $t_{\text{пз1}}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни, $t_{\text{пз1}} = 12 \text{ хв}$ [9];

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

$$t_{\text{пз2}} = 4 + 2 + 7 = 13 \text{ хв} [9];$$

$t_{\text{пз3}}$ – час на пробну обробку деталі, $t_{\text{пз3}} = 2 \text{ хв}$ [9].

$$t_{\text{пз}} = 12 + 13 + 2 = 27 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.47):

$$t_{\text{шт-к}} = 7,68 + \frac{27}{24} = 8,8 \text{ хв}$$

Результати розрахунків для решти операцій наведено в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Зведена таблиця норм часу

Номер та назва операції	t_o , хв	$t_{\text{доп}}$, хв	$t_{\text{дод}}$, хв	$t_{\text{шт}}$, хв	$t_{\text{пз}}$, хв	$t_{\text{шт-к}}$, хв
1	2	3	4	5	6	7
015 Токарна з ЧПК	12,3	0,88	1,32	14,50	27	15,62
020 Токарна з ЧПК	8,5	0,88	0,94	10,32	27	11,44
025 Токарна з ЧПК	6,1	0,88	0,70	7,68	27	8,80
030 Фрезерна	25	1,5	2,65	29,15	22	30,07

Продовження табл. 1.8

1	3	4	5	6	7	8
035 Свердлильна	0,05	0,8	0,09	0,94	25	1,98
040 Свердлильна з ЧПК	4,5	0,8	0,53	5,83	25	6,87
065 Внутрішньошліфувальна	0,5	1,2	0,17	1,87	18	2,62
070 Круглошліфувальна	1,2	1,13	0,23	2,56	30	3,81
075 Круглошліфувальна	0,85	1,13	0,20	2,18	30	3,44
080 Круглошліфувальна	1,5	1,13	0,26	2,89	30	4,14
085 Внутрішньошліфувальна	0,8	1,2	0,20	2,20	18	2,95
090 Круглошліфувальна	1,5	1,13	0,26	2,89	30	4,14

1.8 Розробка керуючої програми на свердлильну операцію з ЧПК

Для свердлильної операції 040 керуючу програму розробимо за допомогою програмного забезпечення NX CAM. Спочатку створимо 3D моделі деталі до та після свердління (рис. 1.9).

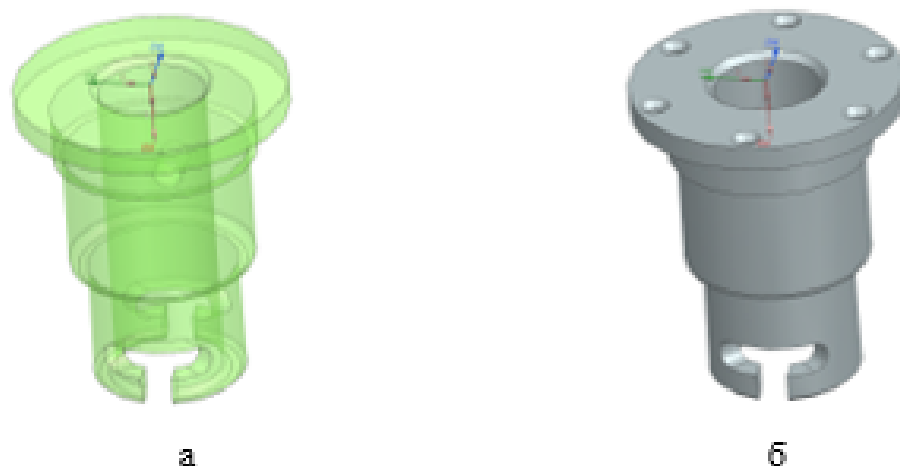


Рисунок 1.9 – 3D модель деталі до свердління отворів (а) та після (б)

Наступним кроком було накладання моделі деталі до свердління отворів на модель після свердління та їх визначення (рис. 1.10).

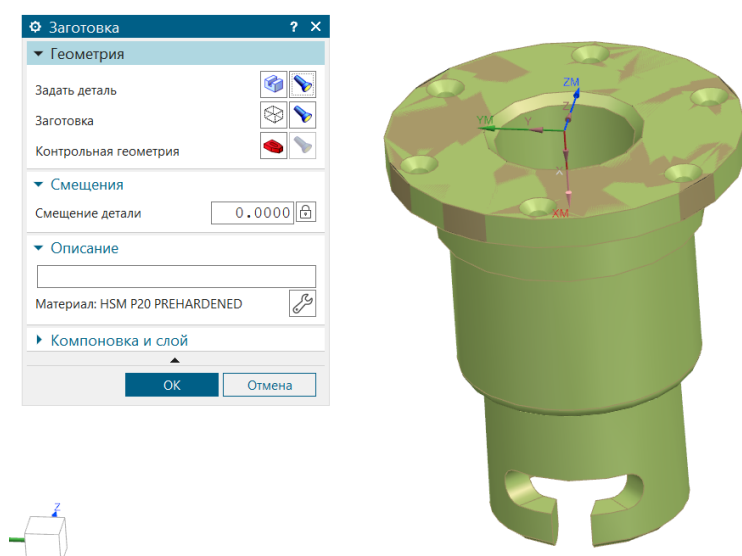


Рисунок 1.10 – Визначення деталі та заготовки

Далі в програмі було створено свердло діаметром 3 мм та зенковку для фаски 90° (рис. 1.11).

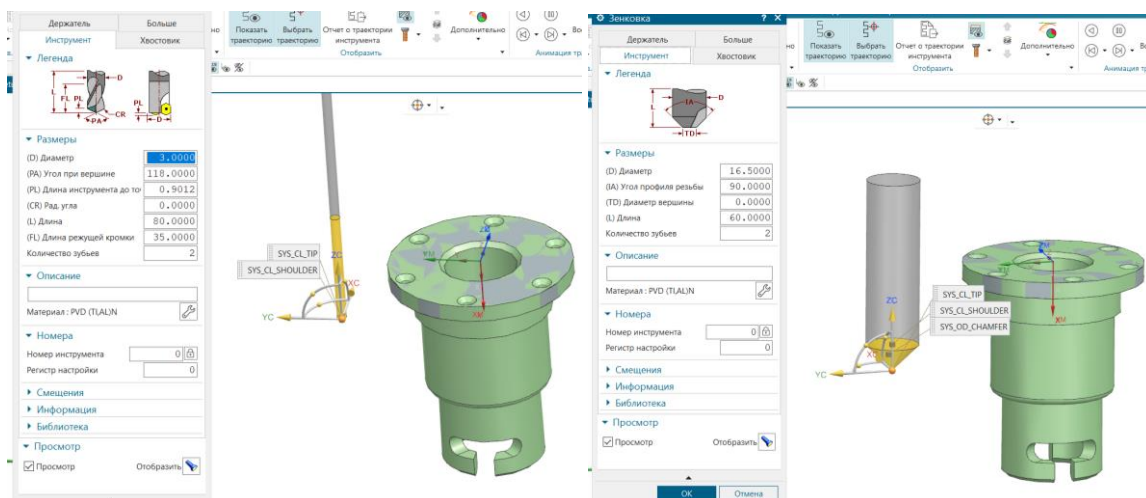


Рисунок 1.11 – Створення інструменту

Потім зазначили положення системи координат на деталі (рис. 1.12).

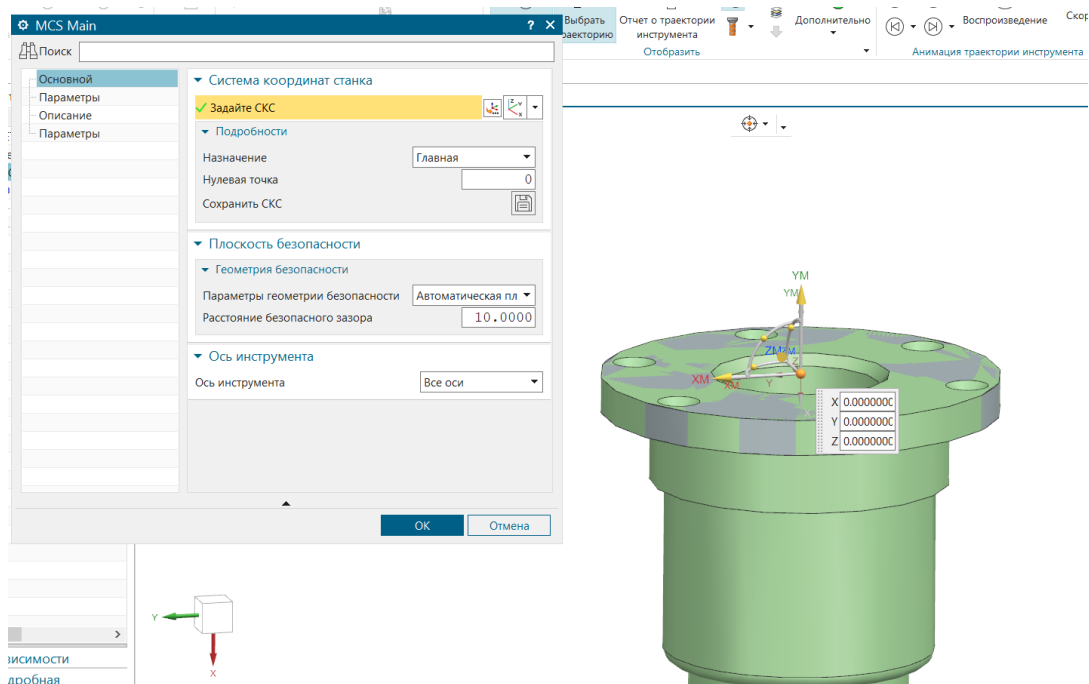


Рисунок 1.12 – Визначення системи координат

Тепер можна переходити до створення операції свердління отворів. Після її створення генеруємо траєкторію руху інструменту (рис. 1.13) та у кінці робимо візуальну перевірку свердління (рис. 1.14).

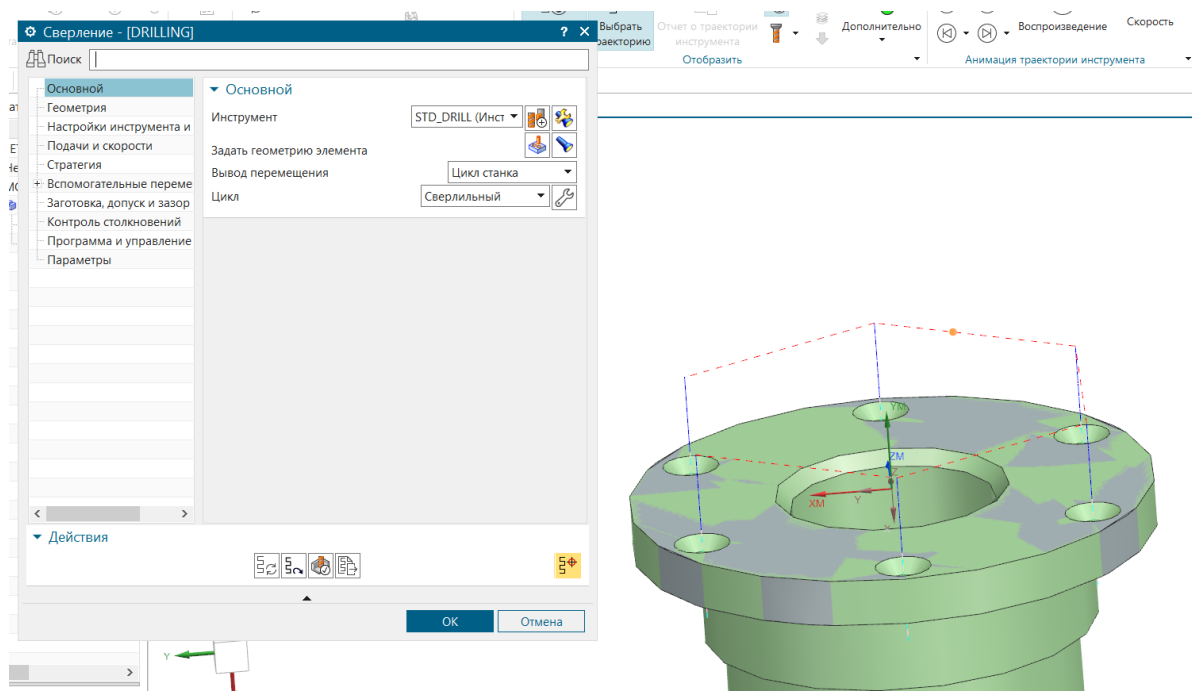


Рисунок 1.13 – Траєкторія обробки

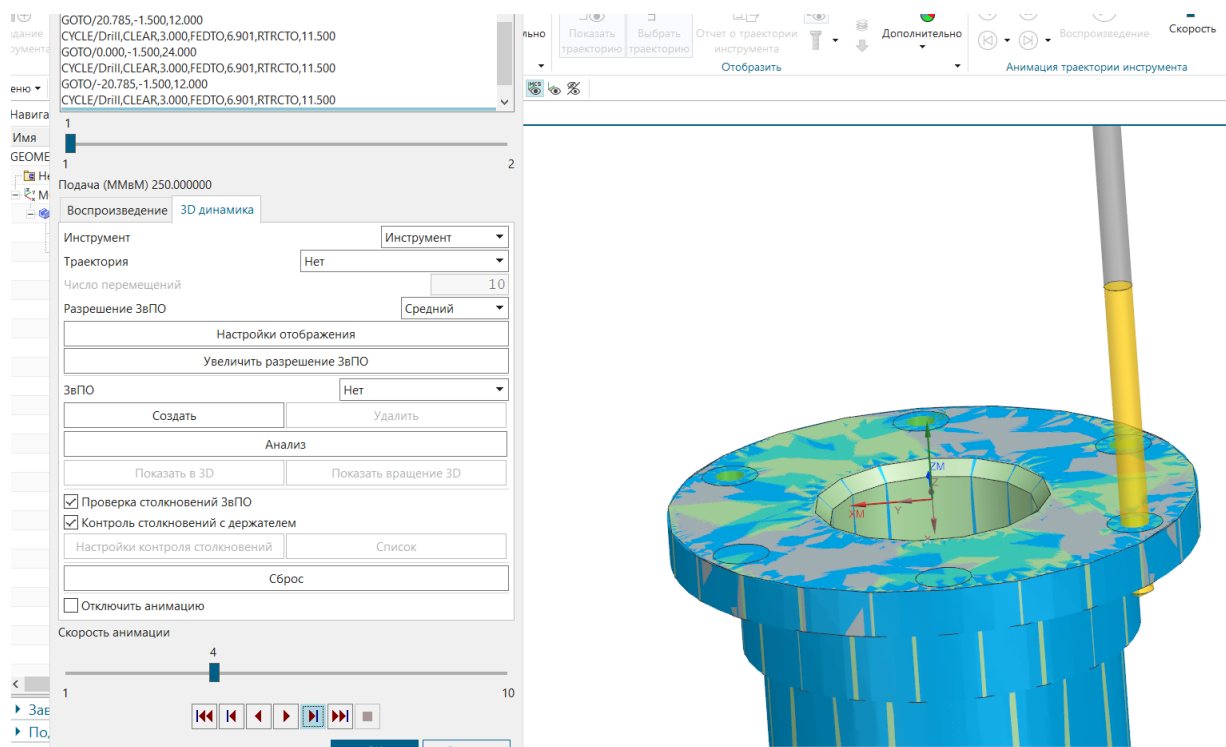


Рисунок 1.14 – Візуалізація обробки

Далі створюємо наступну операцію – «Зенкування фасок». Після закінчення створення операції, генеруємо траєкторію цієї операції (рис. 1.15) та робимо візуальну перевірку зенкерування фасок (рис. 1.16).

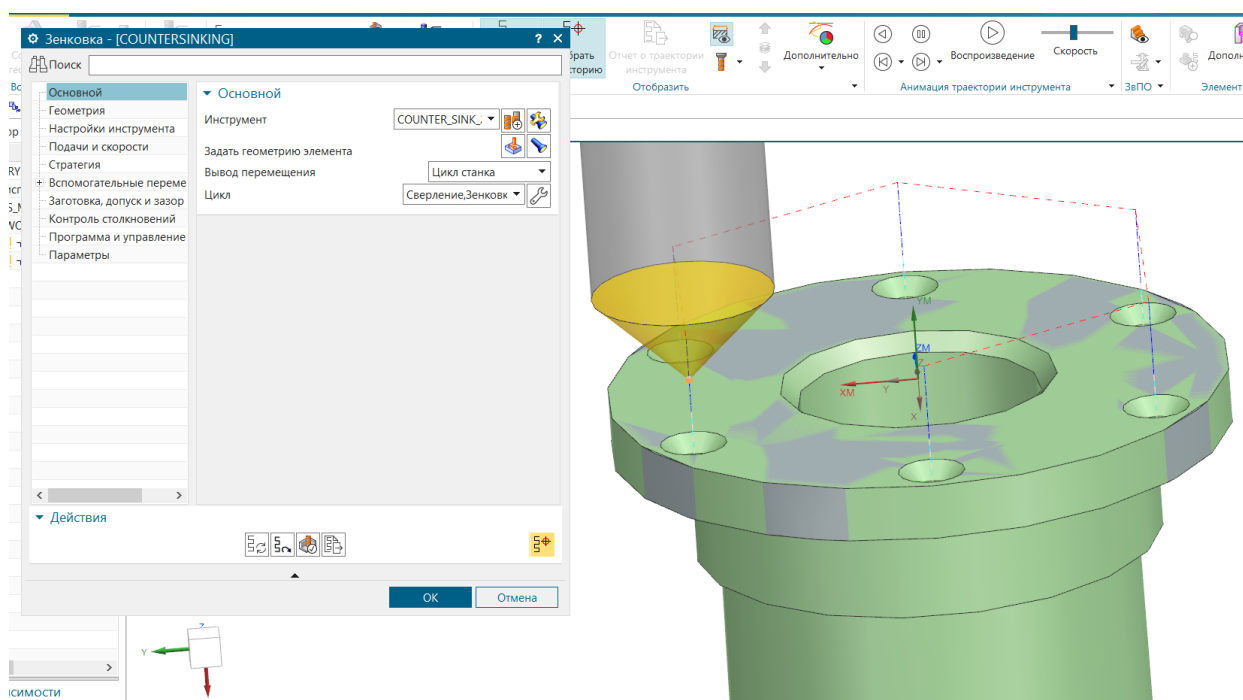


Рисунок 1.15 – Траєкторія обробки

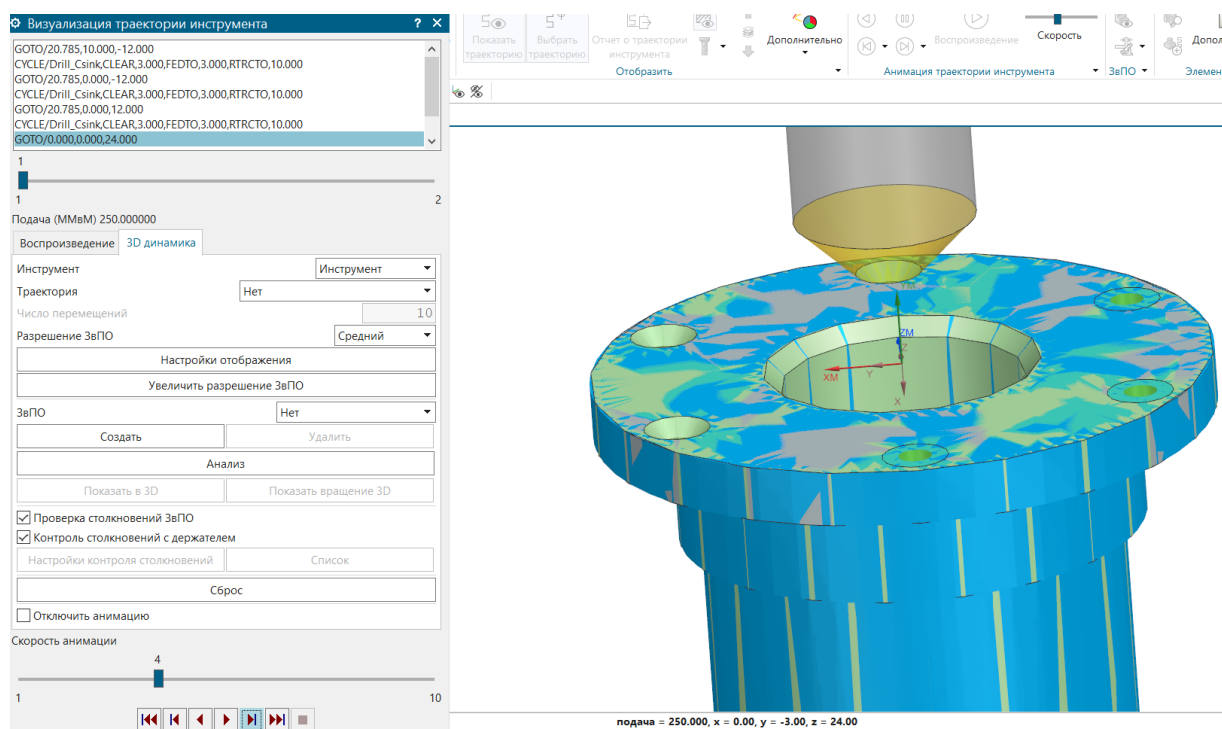


Рисунок 1.16 – Візуалізація обробки

Після закінчення створення операцій обробки генеруємо керуючу програму в G-кодах згідно обраного постпроцесору (рис.1.17).

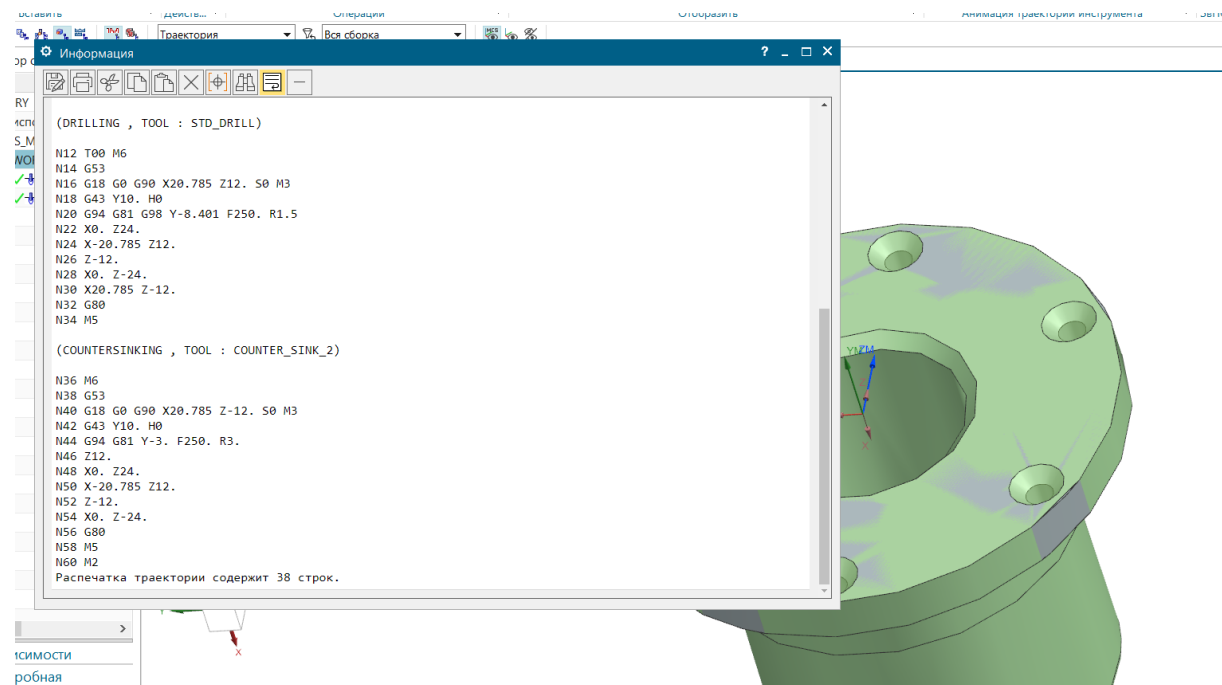


Рисунок 1.17 – Генерування керуючої програми

Результат розробки свердлильної операції в модулі NX CAM наведено на плакаті НУЗП 715004.017.

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

Похибка встановлення розраховується за формулою:

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

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

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

Деталь встановлюється у призму (рис. 2.2) з кутом 90° , як установча база приймається циліндрична поверхня $\varnothing 38,3_{-0,1}$.

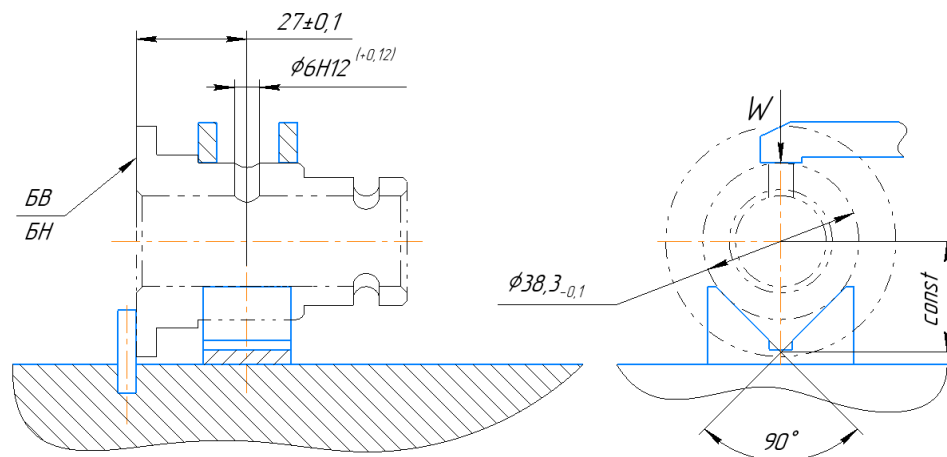


Рисунок 2.2 – Схема установки у призму

Похибка базування [10] розраховується за формулою:

$$\varepsilon_{\text{баз}} = K_1 \cdot Td \quad (2.2)$$

де Td – допуск на діаметр базування;

$K_2 = 0$ – коефіцієнт, що характеризує тип базування.

$$\varepsilon_{\text{баз}} = 0 \cdot 0,1 = 0 \text{ мм}$$

Похибку закріплення визначаємо залежно від напрямку сили закріплення, стану шорсткості поверхні деталі, типу опорної площини пристосування з довідкової літератури [10]. Так як напрям сили закріплення перпендикулярний виконавчому розміру то похибка для даного випадку становить 0 мм.

Похибка встановлення згідно формули (2.1):

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

Розрахунок на точність пристосування полягає у визначенні виконавчих розмірів та допусків на розташування осей кондукторних втулок. На рис. 2.3 наведено розрахункову схему.

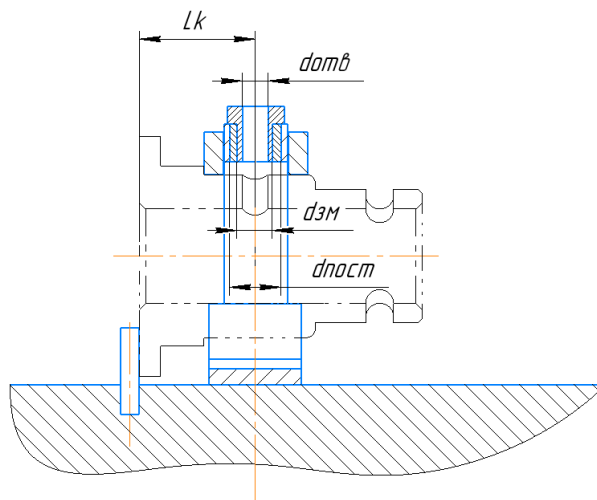


Рисунок 2.3 – Схема розрахунку розміру розміщення кондукторної втулки

Визначаємо номінальний розмір до осі кондукторної втули. Оскільки допуск на отвір задаються від торцю, то $L_k = L_d = 27$ мм.

Розраховуємо допуск на розмір кондукторних втулок L_{k1} , L_{d1} [10]:

$$T_k \leq T_d - k \sqrt{\varepsilon_{\text{баз}}^2 + \varepsilon_{\text{зак}}^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2} \quad (2.3)$$

де T_d – допуск розмір уобробки;

k – коефіцієнт, враховуючий відхил відстані складових величин від закону нормального розподілу, і залежить від кількості складових похибок;

Δ_2 – частка похибки обробки, яка залежить від зміщення осі змінної втулки щодо постійної:

$$\Delta_2 = S_{2\max} = d_{\max} - d_{0\min} = 0 \text{ мм} \quad (2.4)$$

Δ_3 – частка похибки обробки, викликана зміщенням осі свердла внаслідок ексцентриситету обох втулок;

Δ_4 – частка похибки обробки, яка залежить від величини допустимого зносу;

Δ_5 – частка похибки обробки, що враховує перекус інструменту в процесі обробки (рис. 2.4):

$$\Delta_5 = \frac{\Delta_1 \cdot (H + 2a)}{H} = \frac{0,058 \cdot (12 + 2 \cdot 2)}{12} = 0,092 \text{ мм} \quad (2.5)$$

де Δ_1 – частка похибки обробки, яка залежить від зміщення осі свердла щодо осі отвору змінної втулки;

a – відстань від кондукторної втулки до деталі;

$$\Delta_1 = S_{1\max} = d_{\max} - d_{\min} = 6,028 - 5,97 = 0,058 \text{ мм} \quad (2.6)$$

$$a = (0,5 - 0,8) d_{\text{св}} = 0,6 \cdot 3 = 2 \text{ мм} \quad (2.7)$$

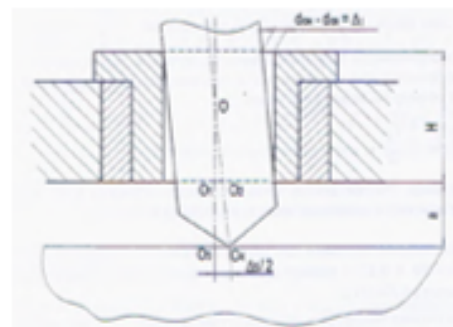


Рисунок 2.4 – Схема розрахунку перекошу свердла

$$T_k \leq 0,2 - 1 \cdot \sqrt{0,01^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,015^2 + 0,092^2} = 0,1 \text{ мм}$$

$$\frac{T_k}{2} = 0,05 \leq \frac{0,2}{2} = 0,1$$

Виконавчий розмір установка:

$$[L_k] = L_k \pm \frac{T_k}{2} \quad (2.8)$$

$$L_k = 27 \pm 0,05$$

2.1.3 Розрахунок необхідного сили затиску. Вибір приводу

Згідно схеми (рис. 2.5) визначимо всі моменти та сили що діють в закріпленні [11]:

$$\sum M_O = 0 \quad (2.9)$$

$$M_p - T_1 \cdot L_1 - T_2 \cdot L_2 = 0; \quad (2.10)$$

$$M_p = 2T_1 \cdot L_1; \quad (2.11)$$

$$T_1 = \frac{M_p}{2L_1}; \quad (2.12)$$

$$S = P_1 - P_2 \quad (2.13)$$

$$P_1 = P_3 \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (2.14)$$

$$P_3 = T \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (2.15)$$

$$F = f \cdot N \quad (2.16)$$

$$N = T \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (2.17)$$

$$P_2 = f \cdot T \cdot \cos^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (2.18)$$

$$W = 2T \left(\cos \left(\frac{\alpha}{2} \right) \sin \left(\frac{\alpha}{2} \right) - f \cdot \cos^2 \left(\frac{\alpha}{2} \right) \right) \quad (2.19)$$

$$W = \frac{Mp}{L} \left(\cos \left(\frac{\alpha}{2} \right) \sin \left(\frac{\alpha}{2} \right) - f \cdot \cos^2 \left(\frac{\alpha}{2} \right) \right) \quad (2.20)$$

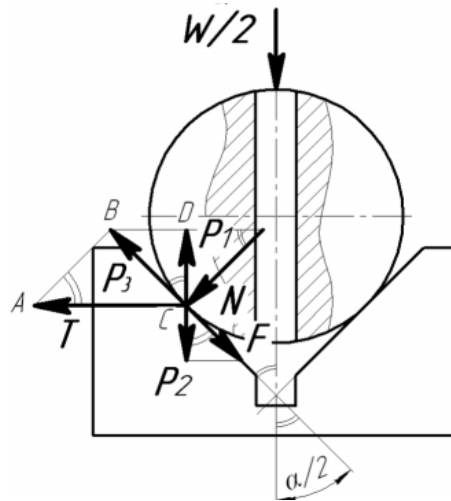


Рисунок 2.5 – Схема до визначення сили закріплення [11]

Дійсна сила закріплення:

$$W_d = k \cdot W \quad (2.21)$$

де f – коефіцієнт тертя;

k – коефіцієнт запасу закріплення.

Коефіцієнт запасу закріплення [11]:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6; \quad (2.22)$$

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу;

k_1 – коефіцієнт нерівномірності сил різання через непостійність припуску, що знімається при обробці;

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструменту.

k_3 – коефіцієнт, що враховує переривчастість різання;

k_4 – коефіцієнт, що враховує мінливість сил затиску, що розвиваються приводами;

k_5 – коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток;

k_6 – коефіцієнт невизначеності положення місць контакту.

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

Визначимо осьовий момент різання:

$$M_p = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S_0^y \cdot K_{mp}; \quad (2.23)$$

де y ; q ; C_p – коефіцієнти [7].

K_{mp} – поправочний коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал.

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^{0,3}; \quad (2.24)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{650}{750} \right)^{0,3} = 0,95$$

$$M_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6^{21} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,95 = 1,2 \text{ Н}$$

Сила закріплення згідно формули (2.29):

$$W = \frac{1,2}{0,08} \left(\cos\left(\frac{90}{2}\right) \sin\left(\frac{90}{2}\right) - 0,15 \cdot \cos^2\left(\frac{90}{2}\right) \right) = 6,3 \text{ Н}$$

$$W_d = 2,58 \cdot 6,3 = 16,44 \text{ Н}$$

Згідно схеми (рис. 2.6) визначимо силу, що діє на штоці [11]:

$$Q = \frac{W \cdot (L + f \cdot h)}{L_1 - f \cdot \frac{(L - L_1)}{L} \cdot R_1 - f \cdot R_2} \quad (2.25)$$

$$Q = \frac{16,44 \cdot (0,05 + 0,15 \cdot 0,006)}{0,025 - 0,15 \cdot \frac{(0,05 - 0,025)}{0,05} \cdot 0,0025 - 0,15 \cdot 0,0025} = 40,4 \text{ Н}$$

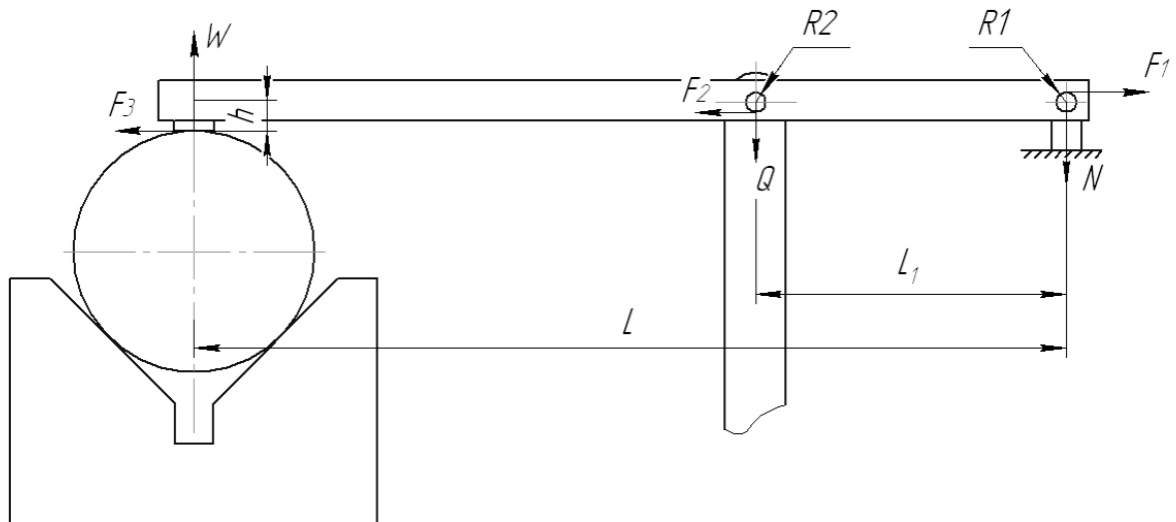


Рисунок 2.6 – Схема для визначення сили на штоці

Мінімальний діаметр штока [11]:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \alpha \cdot W}{\pi \cdot [\sigma]}} \quad (2.26)$$

де α – коефіцієнт затягування;

$[\sigma]$ – допустима напруга на розтяг для сталі 40Х.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 40,4}{3,14 \cdot 100}} = 1 \rightarrow 24 \text{ мм}$$

Діаметр циліндра [11]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{p \cdot \eta \cdot \pi}} + d^2 \quad (2.27)$$

де η – ККД, що враховує втрати на тертя;

p – тиск в пневматичній системі.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 40,4}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,85}} + 24^2 = 27 \rightarrow 63 \text{ мм}$$

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Контрольне пристосування призначено для контролю радіального биття рівного 0,025 мм зовнішньої циліндричної поверхні діаметром 38 мм відносно отвору діаметром 22 мм (база А).

Контрольне пристосування (рис. 2.7) складається зі корпусу 5, на якому встановлюється два центри 1, 2. Центри 1, 2 мають можливість повздовжнього переміщення на напрямних корпусу 5 та закріплення за допомогою гвинта 4. На корпусі 5 встановлено штангу 3, на якій розміщено індикаторний годинник. Штанга 3 має можливість переміщення перпендикулярно до осі деталі. Деталь при контролі базується на оправці по отвору діаметром 22 мм. Індикаторний годинник встановлюється на вимірюваний діаметр. Стрілку годинника виставляють на нуль, забезпечивши натяг. Шляхом обертання деталі по індикаторному годиннику вимірюють радіальне биття.

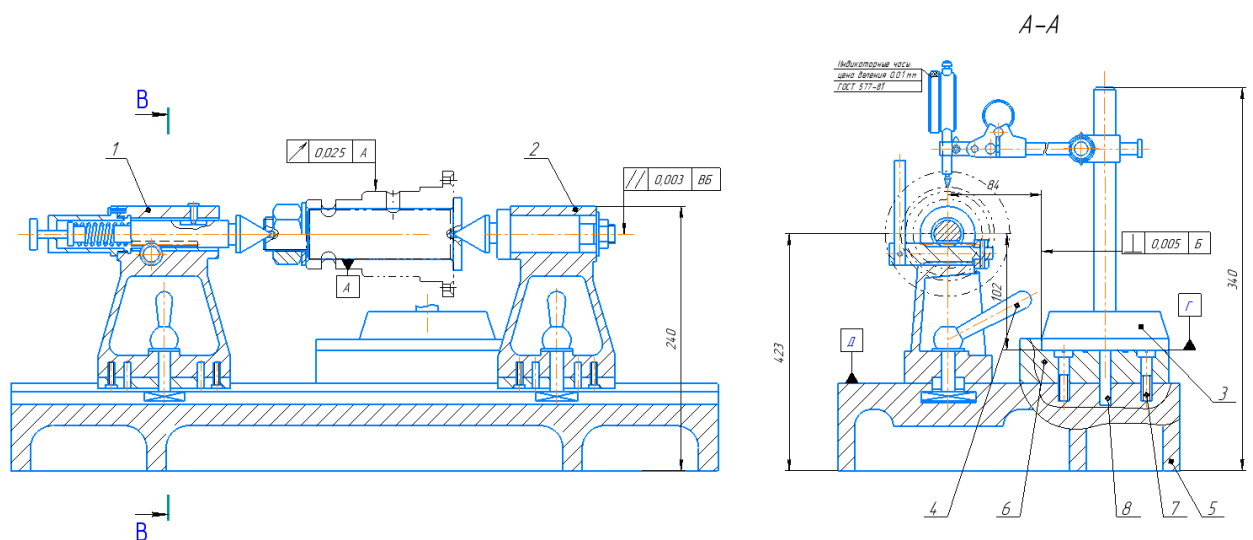


Рисунок 2.7 – Контрольне пристосування

2.3 Розрахунок на міцність деталі

Виконаємо розрахунок деталі «Втулка» на міцність на програмному продукті NX CAE. Оцінку міцності деталі виконаємо на основі порівняння отриманого коефіцієнту запасу міцності з довідковим. Для деталі «Втулка» небезпечними місцями є паз на діаметрі 31 мм, де фіксується ручка перемикавання режимів роботи редуктора. Ручка через коробку передач може здійснювати навантаження на паз рівне близько 2000Н.

Максимальне напруження, згідно розрахунків в деталі повинне відповідати наступній вимозі:

$$\sigma_{max} \leq \frac{[\sigma]}{k} \quad (2.28)$$

де $[\sigma]$ – допустиме значення границі плинності для сталі 40Х, $[\sigma]=785$ МПа;

k – коефіцієнт запасу міцності, який залежить від ступеня відповідальності деталі, $k=1,5 \dots 3$.

Через наявну зовнішню силу деталь «Втулка» зазнає дії згину та кручення. Спочатку створюємо 3D-модель деталі «Втулка» (рис. 2.8).

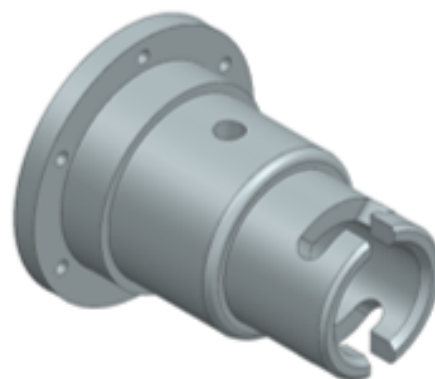


Рисунок 2.8 – 3D-модель

Далі 3D-модель було розбито на сітку кінцевих елементів розміром 3 мм (рис. 2.9).

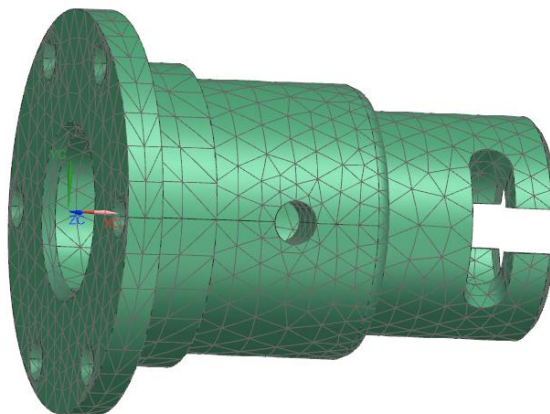


Рисунок 2.9 – 3D-модель, розбита на сітку кінцевих елементів

Далі по отворах 3 мм було закріплено деталь та в пазу було прикладено зовнішню силу (рис. 2.10).

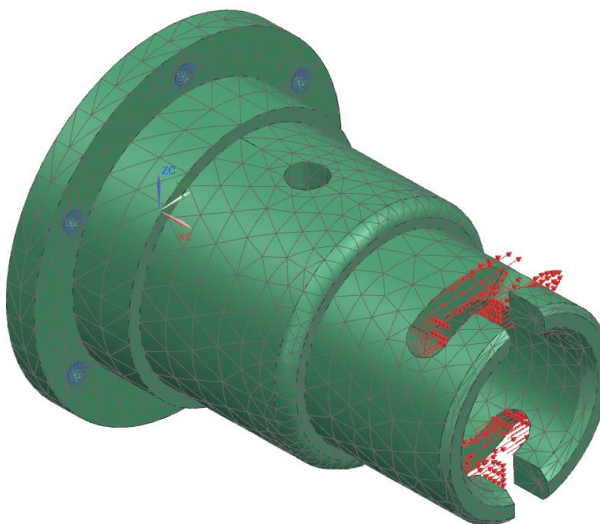


Рисунок 2.10 – 3D-модель з накладеними обмеженнями

Після розрахунку деталі на міцність було отримано діаграму напружено-деформованого стану (рис. 2.11). Максимальне значення напруження виявилось в пазу на радіусній частині та становило 385,8 МПа.

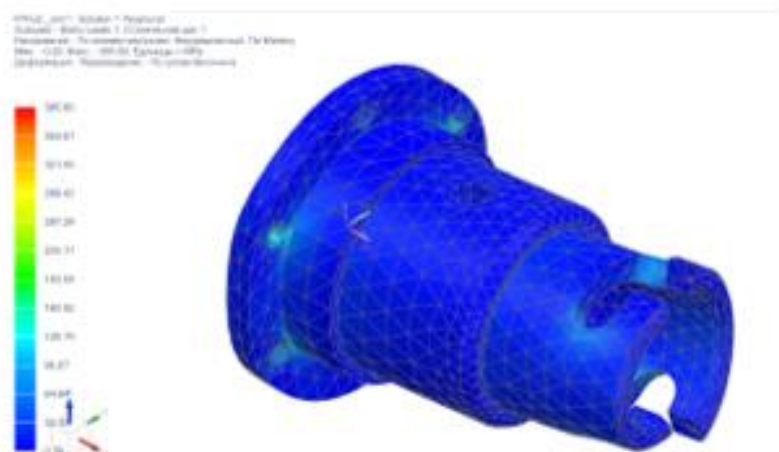


Рисунок 2.11 – Розподіл напружень

По отриманому максимальному значенню напруження зробимо перевірку згідно формули (2.39):

$$\sigma_{max} = 385,8 \text{ МПа} \leq \frac{785}{2} = 392,5 \text{ МПа}$$

Запас міцності деталі «Втулка» становить більше допустимого ніж 2 рази, тому конструкцію деталі та її розміри можна вважати прийнятими.

3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

Річна верстатоемність розрахуємо для кожної операції за формулою:

$$T_j = t_{m-k_j} \cdot N \quad (3.1)$$

де N – річна програма випуску.

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

Розраховуємо кількість верстатів, необхідних для виконання операцій за формулою:

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

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

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

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

Коефіцієнт завантаження верстата визначаємо за формулою:

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

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

Визначаємо середній коефіцієнт завантаження верстатів за формулою:

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

$$\overline{K_a} = \frac{0,8}{12} = 0,07$$

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

Параметри	Номер операції											
	015	020	025	030	035	040	045	050	075	080	085	090
	Модель верстата											
	DOOSAN GT2100	DOOSAN GT2100	DOOSAN GT2100	DOOSAN T4000	2M57	2P135Φ2	3K228	3A151	3A151	3A151	3K228	3A151
$t_{ш-к}$	15,62	11,44	8,80	30,07	1,98	6,87	2,62	3,81	3,44	4,14	2,95	4,14
T	31240	22880	17600	60140	3960	13740	5240	7620	6880	8280	5900	8280
S_p	0,13	0,10	0,07	0,25	0,02	0,06	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03
S_n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
K_3	0,13	0,10	0,07	0,25	0,02	0,06	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03

Розраховуємо кількість деталей-операцій, що виконуються на технологічній лінії обробки деталей «Втулка»: $O=12$ деталей-операцій.

Призначаємо багатOVERстатну обробку на токарній групі верстатів з ЧПК (операції 015...025). Максимальне значення основного часу буде на операції 015 – 12,3 хв.

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

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

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

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

$$m_s = \frac{12,3 + 0,88}{1,32 + 0,15} = 8,9$$

Число операторів у зоні обслуговування розраховуємо за формулою:

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

$$R_1 = \frac{3}{8,9} = 0,33$$

Згідно розрахунків призначаємо для роботи на трьох верстатах одного оператора. Таким чином, для обслуговування $O=12$ верстатів необхідно $M=10$ робочих операторів.

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операції за формулою:

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

$$K_{30} = \frac{12}{10} = 1,2$$

Так як $1 < K_{30} < 10$, то остаточно тип виробництва приймаємо як серійний, а форму організації виробництва на лінії обробки – змінно-потоккову. Але через те, що середній коефіцієнт завантаження верстатів досить малий (0,07, то дільницю виробництва деталей «Втулка» необхідно завантажити типовими деталями до рівня $\overline{K_3} > 0,7$.

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

При розробці технологічного процесу виготовлення деталі «Втулка» було оцінено очікувану економічну ефективність заходів за рахунок порівняння обробки на універсальних токарно-гвинторізних та вертикально-фрезерних верстатах з обробкою на токарних верстатах з ЧПК та фрезерних верстатах з ЧПК згідно таблиці 4.1. Оцінку очікуваної економічної ефективності заходів виконаємо згідно [12].

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Розрахункові параметри	Базова технологія							Нова технологія			
Модель верстата	16Б16	16Б16	16Б16	16Б16	16Б16	6М13К	6М13К	DOOSAN GT2100	DOOSAN GT2100	DOOSAN GT2100	DOOSAN T4000
Штучний час $t_{шт}$, хв	20	18	15	14	12	35	25	14,5	10,32	7,68	29,15
Розряд верстатника	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4
Розряд наладчика	-	-	-	-	-	-	-	5	5	5	5
Число верстатів, що обслуговуються за зміну: верстатником наладчиком	-	-	-	-	-	-	-	4	4	4	4
Тарифна ставка основного робітника, грн/год	76,6	76,6	76,6	76,6	76,6	76,6	76,6	57,5	57,5	57,5	57,5
Тарифна ставка наладчика, грн/год	-	-	-	-	-	-	-	57,7	57,7	57,7	57,7
Число змін m	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Оптова ціна верстата F , грн	118400					216320		629600			408000
Число верстатів, C_p	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Норма амортизаційних відрахувань H_a , %	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	14,9	14,9	14,2	14,2	14,2	12,2
Встановлена потужність електродвигунів N_e , кВт	13	13	13	13	13	7,5	7,5	15	15	15	12

Визначимо заробітну плату основних виробничих робітників по формулі:

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

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

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

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

$K_б=0,39$ – коефіцієнт, що враховує оплату основного робітника при багатOVERCLOCKING обслуговуванні;

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

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.2, 4.3.

Таблиця 4.2 – Заробітна плата верстатника за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	$C_{тар}$, грн	$k_{доп}$	$k_{соц}$	Z_o , грн
010	Токарна	20	76,6	1,2	1,4	42,90
015	Токарна	18	76,6	1,2	1,4	38,61
020	Токарна	15	76,6	1,2	1,4	32,17
025	Токарна	14	76,6	1,2	1,4	30,03
030	Токарна	12	76,6	1,2	1,4	25,74
035	Фрезерна	35	76,6	1,2	1,4	75,07
040	Фрезерна	25	76,6	1,2	1,4	53,62
					Σ	298,14

Таблиця 4.3 – Заробітна плата верстатника за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	$C_{тар}$, грн	$k_{доп}$	$k_{соц}$	Z_o , грн
015	Токарна	14,5	57,5	1,2	1,4	23,35
020	Токарна	10,32	57,5	1,2	1,4	16,62
025	Токарна	7,68	57,5	1,2	1,4	12,36
030	Фрезерна	29,15	57,5	1,2	1,4	46,93
					Σ	99,26

Визначимо заробітну плату наладчиків верстатів ЧПК за формулою:

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

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

$Ч_n$ – чисельність робітників відповідної категорії, ~~чол.~~

$\Phi_p = 2028$ год – річний фонд часу одного.

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Заробітна плата наладчиків верстатів ЧПК

№ опер	Найменування операції	Φ_p , хв	$C_{\text{тар.н}}$, грн	$Ч_n$	$k_{\text{доп}}$	$k_{\text{соц}}$	$З_o$, грн
015	Токарна	2028	57,7	0,33	1,2	1,4	32,44
020	Токарна	2028	57,7	0,33	1,2	1,4	32,44
025	Токарна	2028	57,7	0,33	1,2	1,4	32,44
030	Фрезерна	2028	57,7	1	1,2	1,4	98,29
							195,60

Визначимо амортизаційні відрахування на обладнання за формулою:

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

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

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.5, 4.6.

Визначимо витрати на інструмент за формулою:

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

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

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

η_m – коефіцієнт машинного часу, що визначається як відношення $t_{маш}/t_{шт}$;

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

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

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.7, 4.8.

Таблиця 4.5 – Відрахування на амортизацію обладнання за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	К, грн	На, %	F_d	$A_{від}$, грн
010	Токарна	20	118400	16,2	4015	1,59
015	Токарна	18	118400	16,2	4015	1,43
020	Токарна	15	118400	16,2	4015	1,19
025	Токарна	14	118400	16,2	4015	1,11
030	Токарна	12	118400	16,2	4015	0,96
035	Фрезерна	35	216320	14,9	4015	4,68
040	Фрезерна	25	216320	14,9	4015	3,34
					Σ	14,32

Таблиця 4.6 – Відрахування на амортизацію обладнання за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	К, грн	На, %	F_d	$A_{від}$, грн
015	Токарна	14,5	629600	14,2	4015	5,38
020	Токарна	10,32	629600	14,2	4015	3,83
025	Токарна	7,68	629600	14,2	4015	2,85
030	Фрезерна	29,15	408000	12,2	4015	6,02
					Σ	18,08

Таблиця 4.7 – Витрати на інструмент за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	t _{шт} , хв	Найменування інструменту	Ц _i грн	п _{ін}	T, хв	п _j	η _{мi}	S _{ін} грн
010	Токарна	20	Різець підр.	250	2	60	10	0,4	3,03
015	Токарна	18	Різець. прохід.	250	2	60	10	0,4	2,73
020	Токарна	15	Свердло спір.	50	2	30	15	0,4	0,63
025	Токарна	14	Різець. прохід.	250	2	60	10	0,4	2,12
030	Токарна	12	Різець розточн	250	2	60	10	0,4	1,82
035	Фрезерна	35	Фреза кінц.	500	1	45	8	0,45	19,44
040	Фрезерна	36	Фреза кінц.	500	1	45	8	0,45	13,89
								Σ	43,66

Таблиця 4.8 – Витрати на інструмент за новою технологією

№ опер	Найменування операції	t _{шт} , хв	Найменування інструменту	Ц _i грн	п _{ін}	T, хв	п _j	η _{мi}	S _{ін} грн
015	Токарна	14,5	Різець підр.	400	1	220	5	0,4	0,91
			Різець. прохід.	400	1	220	5	0,4	0,85
020	Токарна	10,32	Свердло спір.	50	1	45	10	0,4	0,21
			Різець. прохід.	400	1	220	5	0,4	0,61
025	Токарна	7,68	Різець розточн	400	1	220	2	0,4	0,65
			Різець. прохід.	400	1	220	5	0,4	0,61
030	Фрезерна	29,15	Фреза кінц.	600	1	160	15	0,45	3,07
								Σ	6,91

Визначимо витрати на електроенергію за формулою:

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

де N_B – встановлена потужність головного електродвигуна, кВт;

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

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

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

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

η – коефіцієнт корисної дії обладнання;

k_e – коефіцієнт виконання норм часу;

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.9, 4.10.

Таблиця 4.9 – Витрати на електроенергію за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт},$ хв	C_e грн	N_e кВт	k_N	$k_{ч}$	$k_{од}$	k_w	η_e	k_b	S_e
010	Токарна	20	3,45	13	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	4,70
015	Токарна	18	3,45	13	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	4,23
020	Токарна	15	3,45	13	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	3,52
025	Токарна	14	3,45	13	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	3,29
030	Токарна	12	3,45	13	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,82
035	Фрезерна	35	3,45	7,5	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	4,74
040	Фрезерна	25	3,45	75	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	33,87
										Σ	57,17

Таблиця 4.10 – Витрати на електроенергію за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт},$ хв	C_e грн	N_e кВт	k_N	$k_{ч}$	$k_{од}$	k_w	η_e	k_b	S_e
015	Токарна	14,5	3,45	15	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	9,67
020	Токарна	10,32	3,45	15	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	6,88
025	Токарна	7,68	3,45	15	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	5,12
030	Фрезерна	29,15	3,45	12	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	15,55
											37,22

Визначимо витрати на обслуговування та ремонт обладнання за формулою:

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

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

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.12, 4.13.

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

№ опер	Найменування операції	Ц _{то} , грн	K _p	C _p	S _p , грн
010	Токарна	118400	0,02	0,64	0,76
015	Токарна	118400	0,02	0,64	0,76
020	Токарна	118400	0,02	0,64	0,76
025	Токарна	118400	0,02	0,64	0,76
030	Токарна	118400	0,02	0,64	0,76
035	Фрезерна	216320	0,02	0,45	0,97
040	Фрезерна	216320	0,02	0,45	0,97
				Σ	5,74

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

№ опер	Найменування операції	Ц _{то} , грн	K _p	C _p	S _p , грн
015	Токарна	629600	0,02	0,78	4,91
020	Токарна	629600	0,02	0,78	4,91
025	Токарна	629600	0,02	0,78	4,91
030	Фрезерна	408000	0,02	0,22	0,90
				Σ	15,63

Визначимо витрати на налаштування інструментів поза верстатом згідно формули:

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

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

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

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

t_0 – основний час роботи інструменту на операції, хв;

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

T_M – середня стійкість інструменту, хв.;

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 – Витрати на налаштування інструментів поза верстатом

№ опер	Найменування операції	Тип інструменту	t_0 , хв	$C_{\text{гн}}$, грн/год	n_i	$t_{\text{ін}}$, хв	K_T	T_M	m	$S_{\text{н}}$, грн
015	Токарна	Різець підр.	5,2	50,9	6	4	0,9	220	5	0,02
		Різець. прохід.	5,5	50,9	6	4	0,9	220	5	0,02
020	Токарна	Свердло спір.	3,8	50,9	6	4	0,9	45	1	0,34
		Різець. прохід.	6,2	50,9	6	4	0,9	220	5	0,02
025	Токарна	Різець розточн.	3,2	50,9	6	4	0,9	220	2	0,03
		Різець. прохід.	2,8	50,9	6	5	0,9	220	5	0,01
030	Фрезерна	Фреза кінц.	25,0	50,9	6	5	0,9	160	1	0,78
									Σ	1,21

Визначимо інші загальновиробничі витрати за формулою:

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

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

$$I_{\text{н1}} = 298,14 \cdot 0,2 = 59,63 \text{ грн}$$

$$I_{\text{н2}} = 99,26 \cdot 0,2 = 19,85 \text{ грн}$$

Розрахуємо технологічну собівартість за формулою:

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

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

Таблиця 4.14 – Розрахунок елементів технологічної собівартості, грн.

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Базовий	Вдосконалений
Заробітна плата верстатника	$Z_{\text{о}}$	298,14	99,26
Заробітна плата наладчика	$Z_{\text{н}}$		195,6
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{\text{від}}$	14,32	18,08
Витрати на різальний інструмент	$S_{\text{ін}}$	43,66	6,91
Витрати на електроенергію	$S_{\text{е}}$	57,17	37,22
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	$S_{\text{р}}$	5,74	15,63
Витрати на налаштування інструментів поза верстатом	$S_{\text{н}}$		1,21
Витрати інші	$I_{\text{н}}$	59,63	19,85
Технологічна собівартість	$C_{\text{т}}$	478,66	393,76

Розрахуємо умовний економічний ефект за формулою:

$$E_{\text{ур}} = (C_{\text{т1}} - C_{\text{т2}}) \cdot N \quad (4.10)$$

$$E_{\text{ур}} = (478,66 - 393,76) \cdot 2000 = 169800 \text{ грн}$$

Згідно проведених розрахунків оцінки очікуваної економічної ефективності впровадження вдосконаленої технологічної обробки деталі «Втулка» з заміною обробки на універсальних верстатах обробленням на верстатах з ЧПК дає змогу зекономити 169800 грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Захист від підвищеного рівня вібрації

Вібрація – це механічні коливальні рухи системи із пружними зв'язками. Вібрація характеризується спектром частот та такими кінематичними параметрами, як віброшвидкість та віброприскорення або їх логарифмічними рівнями в децибелах (дБ) [13].

Вібрацію класифікують:

1. За способом передачі людині:

- локальна вібрація, що передається на руки працівника;
- загальна вібрація, що передається через опорні поверхні тіла у положенні сидючи (ягідниці) або стоячи (підшви ніг).

2. За частотним складом:

- низькочастотна вібрація (з переважанням максимальних рівнів у октавних смугах 1-4 Гц та 8-16 Гц відповідно для загальної та локальної вібрації);
- середньочастотна вібрація (8-16 Гц для загальної вібрації, 31,5 та 63 Гц для локальної вібрації);
- високочастотна вібрація (31,5 та 63 Гц для загальної вібрації, 125-1000 Гц для локальної вібрації).

3. У напрямку вібраційного впливу – відповідно до напрямку осей ортогональної системи координат:

- для загальної вібрації напрямки осей X_o , Y_o , Z_o та їх зв'язок з тілом людини наступна: вісь X_o – горизонтальна від спини до грудей; вісь Y_o – горизонтальна від правого плеча до лівого); Z_l – вертикальна вісь, перпендикулярна опорним поверхням тіла у місцях його контакту з сидінням, підлогою тощо.
- для локальної вібрації напрямки осей X_l , Y_l , Z_l та його зв'язок з рукою людини така: вісь X_l – збігається чи паралельна осі місця охоплення

джерела вібрації (рукоятки, ложементу, рульового колеса, важеля управління, утримуваного у руках виробу, що обробляється і т.п.); вісь Y_L – перпендикулярна долоні, а вісь Z_L – лежить у площині, утвореній віссю X_L та напрямом подачі або докладання сили, і спрямована вздовж осі передпліччя.

4. За характером спектра:

вузькосмугова вібрація – у якої контрольовані параметри в одній третьоктавній смузі частот більш ніж на 15 дБ перевищує значення в сусідніх третьоктавних смугах;

широкосмугова вібрація з безперервним спектром шириною більше однієї октави.

5. За тимчасовими характеристиками:

- постійна вібрація, на яку величина віброшвидкості чи віброприскорення змінюється лише у 2 рази (на 6 дБ) під час спостереження;
- непостійна вібрація (що коливається, змінна, імпульсна), на яку величина віброшвидкості чи віброприскорення змінюється щонайменше 2 рази (на 6 дБ) під час спостереження щонайменше 10 хвилин.

Виробничими джерелами локальної вібрації є машини ударної, ударно-обертальної та обертальної дії. Локальна вібрація має місце при точильних, наждачних, шліфувальних, полірувальних роботах, що виконуються на стаціонарних верстатах з ручною подачею виробів, а також під час роботи ручними інструментами.

Загальна вібрація за джерелом виникнення буває:

- 1) транспортною;
- 2) транспортно-технологічною;
- 3) технологічною.

До джерел технологічних вібрацій належить обладнання, дія якого заснована на використанні вібрації та ударів (віброплатформи, вібростенди, молоти, штампи, преси та ін.), а також потужні електричні установки (компресори, насоси, вентилятори, деякі металообробні верстати та ін.).

Вібрація відноситься до факторів, що мають значну біологічну

активність. Характер, глибина та спрямованість функціональних зрушень з боку різних систем організму визначаються насамперед рівнем, спектральним складом та тривалістю впливу вібрації.

Порушення здоров'я працюючого, зумовлені локальною або загальною вібрацією, складаються з ураження нейросудинної, нервово-м'язової систем, опорно-рухового апарату, змін обміну речовин та ін. вібрації та інтенсивного шуму, що постійно супроводжує вібраційні процеси.

За статистичними даними, 1/4 виявлених професійних захворювань пов'язані з впливом вібрації та шуму. Найбільш висока захворюваність на вібраційну хворобу реєструється у важкому, енергетичному, транспортному машинобудуванні, вугільній промисловості та кольоровій металургії.

Комплекс профілактичних заходів, що знижують рівні вібрації обладнання, що скорочують час контакту з ним та таким, що обмежує вплив несприятливих супутніх факторів виробничої сфери, включає гігієнічне нормування, організаційно-технічні та лікувально-профілактичні заходи.

Основним документом, що регламентує параметри виробничих вібрацій, є СанПіН 2.2.4.3359-16 «Санітарно-епідеміологічні вимоги до фізичних факторів на робочих місцях». Також є низка державних стандартів, які регламентують гігієнічні параметри вібрації машин та обладнання.

Основними методами та засобами захисту від вібрації є:

- усунення безпосереднього контакту з обладнанням, що вібрує шляхом застосування дистанційного управління, промислових роботів, автоматизації;
- зменшення інтенсивності вібрації у джерелі;
- застосування вібродемпфування, динамічного віброгасіння, активної та пасивної віброізоляції;
- раціональна організація режиму праці та відпочинку;
- створення комплексних бригад із взаємозамінністю професій;
- використання засобів індивідуального захисту;
- організація активної диференційованої диспансеризації

працівників вібронезбезпечних професій;

- теплові процедури для рук у вигляді гідропроцедур або сухого повітряного обігріву;

- взаємомасаж та самомасаж рук та плечового пояса;
- виробнича гімнастика;
- ультрафіолетове опромінення;
- вітамінопрофілактика.

ВИСНОВКИ

Було розроблено технологічний процес виготовлення втулки. Було економічно обґрунтовано отримання заготовки на КГШП, розраховано масу заготовки (0,86 кг), коефіцієнт використання матеріалу (0,43). Економічний ефект від впровадження отримання заготовки штампуванням становив 5266,4 грн.

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

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

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

Розроблено планування дільниці з виробництва валу. Було визначено кількість технологічного обладнання – 12 верстатів, чисельність основних виробничих робітників – 10 чоловік.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Справочник металлиста. В 5-и т. Т. 2. / [под ред. А.Г. Рахштадта, В.А. Брострема]. – М. : Машиностроение, 1976, – 720 с.
2. Богуслаев В.О. Основы технології машинобудування. Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів / В.О. Богуслаєв, В.І. Ципак, В.К. Яценко – Запоріжжя, вид. ВАТ «Мотор Січ», 2003. – 336 с.
3. ГОСТ 14.312-74. Единая система технологической подготовки производства. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 11 с.
4. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 57 с.
5. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин», для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», освітньої програми (спеціалізації) «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання / Укл. : Гончар Н.В., Тришин П.Р. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. – 61 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1. / [под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. – 694 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2. / [под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. – 652 с.
8. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания при нормировании работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 2. Нормативы режимов резания. – М. : Экономика, 1990. – 472с.
9. Справочник нормировщика – машиностроителя Т. 2. / [под ред. Е.И. Стружестраха]. – М. : Машгиз, 1961. – 890с.

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

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

12. 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.

13. Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.

ДОДАТОК А
Специфікація робочого пристосування

Пер. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Спроб. №									
							<u>Документация</u>		
							<u>Складальне креслення</u>		
							<u>Детали</u>		
				1		Корпус циліндра	1		
				2		Корпус	1		
				3		Штанга	1		
Подп. и дата			4		Коромисло	1			
			5		Кільце	1			
			6		Поршень	1			
			7		Кільце	1			
			8		Кільце	1			
			9		Кришка	1			
			10		Упор	1			
			11		Шток	1			
			12		Втулка	1			
	Взам. инд. №						<u>Стандартные изделия</u>		
			4		Болт М6х25 ГОСТ 7808-70	6			
			5		Болт М8х30 ГОСТ 7808-70	4			
			6		Гвинт М3,5х8 ГОСТ 17475-80	8			
Подп. и дата					НУЗП 293226.017				
Инф. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Кондуктор для сверления отвору $\phi 6$ мм	Лит.	Лист	Листов
	Разраб.	Пальчук						1	2
	Проб.	Кондратюк					НУЗП М-110сп		
	Нконтр.	Дядя							
	Утв.	Дядя							

Копировал

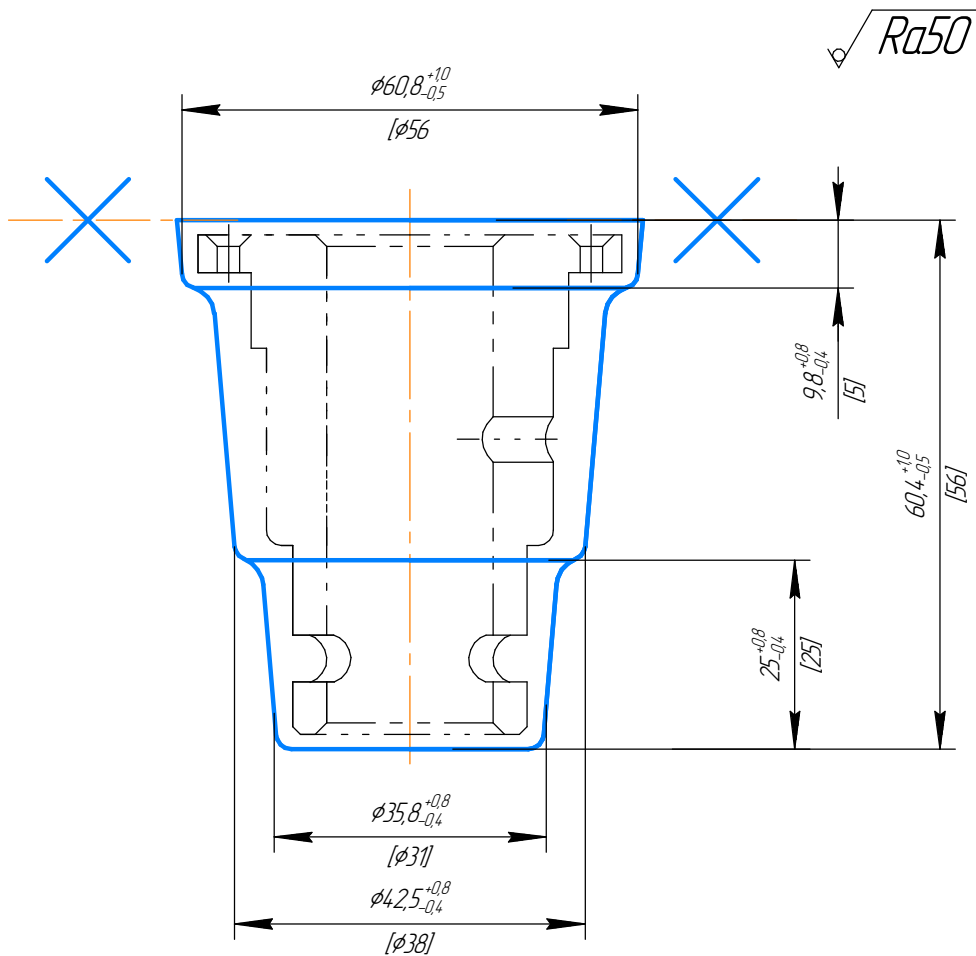
Формат А4

ДОДАТОК Б
Технологічні карти

Дцдл				Гл.технолог
Взам				Нач. БПМ
Ориг.				

Форма 170-162

					Опер 005	НУЗП 0214.1.23017	1	1		
Розроб.	Пальчук			НУЗП	НУЗП 715112.017		М-110сп.2014.1.000005			
Перевір.	Кондратьюк									
				Втулка						005
Н.контр.	Дядя									



Технічні умови на заготовку				
Матеріал		Заготовка		
Найменування та марка	Код	Код і вид	Профіль і розмір	
Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		штамповка	φ40x55	
Технічні умови		Маркування	Твердість	Маса деталі
ГОСТ 8479-70			174...217 HB	0,37
Сортамент		Допустима кривизна		КВМ
		0,6		0,43
Розмір вихідного матеріалу		Норма розходу		
		Кіл.дет. із заг.	Розм. листа, прутка	Маса
φ60,8x60,4		1		0,86

1. Зміщення по лінії роз'єму штамп - до 1,2 мм.
2. Невказані радіуси заокруглень 6 мм, формувальні ухили 5°.
3. Допустимі задирки після обдирки облою - 1,5 мм.
4. Клас точності Т2, група сталі М2, ступінь складності С4.
5. Заготовка - штамповка гр. II по ГОСТ 8479-70.
6. Допуск на штамповочні розміри по II кл. точності по ГОСТ 7505-89.

Карта заготовки

Людл.			
Взам.			
Підл.			

Лист 1

Розроб.	Пальчук			НУЗП	НУЗП 715112.017		М-110сп.1014.1.000001			
Перевір.	Кондратюк									
Н.Контр	Дядя			Втулка						

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

[illegible]

														НУЗП 02.14.1.23017		Листів 4		Лист 4																	
								НУЗП				НУЗП 715112.017				М-110сп.1014.1.000001																			
														Позначення документа																					
Код, найменування операції														Код, найменування устаткування										СМ	Проф.	Р	УП	КП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тп.з.	Тшт	
095 0125 Мийна														ЮП №006																					
514230 Мийна машина ММ-3														2	11629	5	1	1	1	шт	24	1													
03																																			
100 0200 Контрольна														ЮП №007																					
XXXXXX Контрольний стіл														2	13063	5	1	1	1	шт	24	1													
06																																			
07																																			
08																																			
09																																			
10																																			
11																																			
12																																			
13																																			
14																																			
15																																			
16																																			
17																																			
18																																			
19																																			
МК																																			

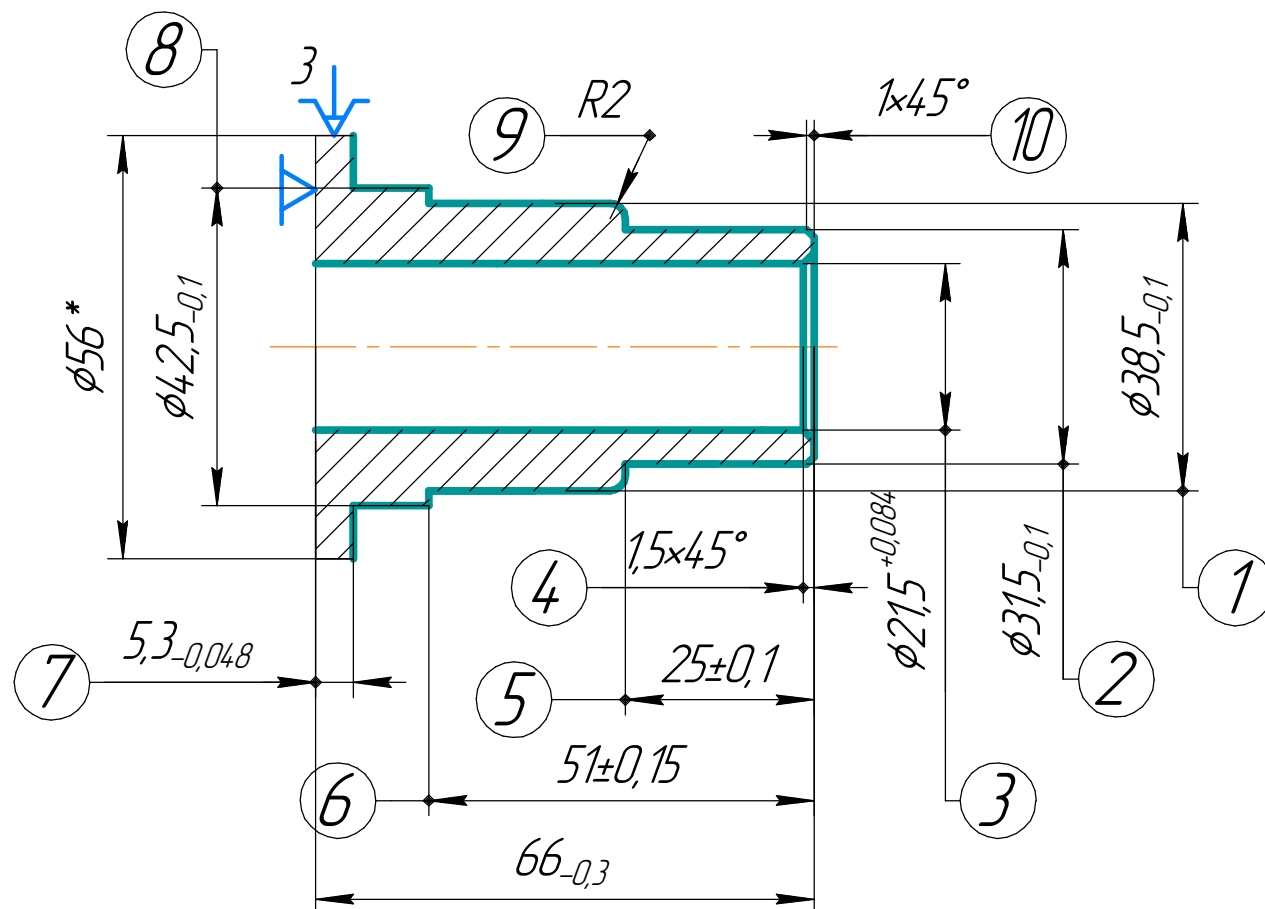
Дудл.			
Взам.			
Підп.			

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

НУЗП 0214.1.23017	1	1
-------------------	---	---

Розроб.	Пальчук			НУЗП	НУЗП 715112.017		М-110сп.2014.1.00025
Перевір.	Кондратюк						
Н. контр.	Дядя				Втулка		025

✓ Ra3.2



* розміри для довідок

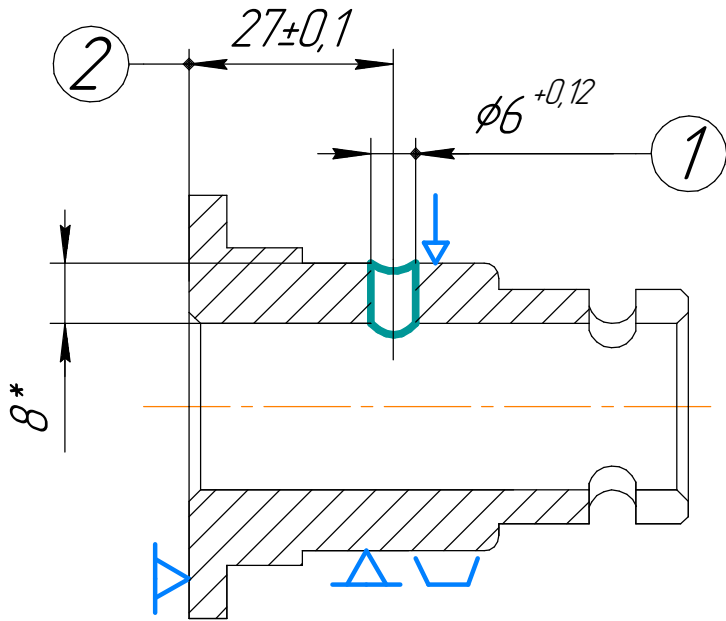
Дудл.			
Взам.			
Підп.			

--	--	--	--	--

ГОСТ 3.1105-84		Форма 7	

						НУЗП 0214.1.23017		1	1
Розроб.	Пальчук			НУЗП		НУЗП 715112.017		М-110сп.2014.1.00035	
Перевір.	Кондратюк								
Н. контр.	Дядя				Втулка				


 Ra3.2



* розміри для довідок

КЗ			
----	--	--	--

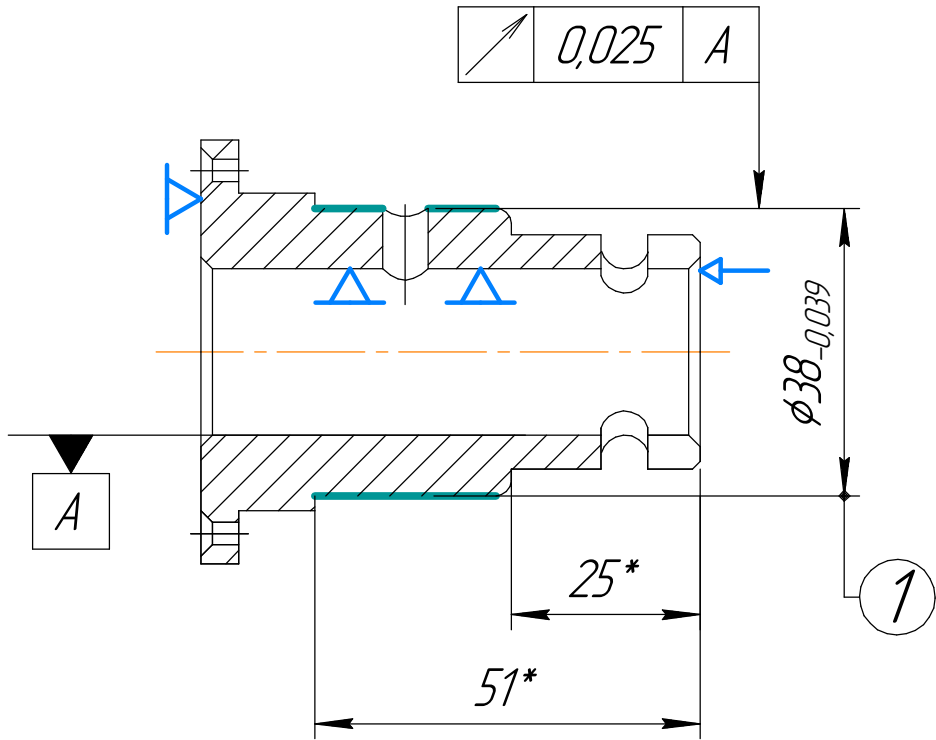
Дудл.			
Взам.			
Підп.			

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

ГОСТ 3.1105-84				Форма 7	

						НУЗП 0214.1.23017		1	1
Розроб.	Пальчук			НУЗП	НУЗП 715112.017		М-110сп.2014.1.00075		
Перевір.	Кондратюк								
				Втулка					
Н. контр.	Дядя								075

$\sqrt{Ra1,6}$



* розміри для довідок

КЗ							
----	--	--	--	--	--	--	--

