

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування інституту, факультету)

Технологія машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Особливості технології виготовлення складнопрофільних валів у багатосерійному виробництві»

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

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технологія машинобудування

Телюпа О.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник Кононов В.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 другий (магістерський)
 Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Технології машинобудування
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри С.І.Дядя

«_____» _____ 20__ року

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

Телюпа Олександр Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) _____
Особливості технології виготовлення складнопрофільних валів у
багатосерійному виробництві

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «10» листопада 2022 року №374

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 02.12.2022
р.

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина; 2. Конструкторська частина; 3.
Автоматизація; 4. Розрахунок деталі на міцність; 5. Спеціальне завдання; 6.
Економічне обґрунтування вибору варіанта операції; 7. Охорона праці та
безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення деталі, заготовки; 3D-моделі деталі та заготовки; маршрут
виготовлення деталі; зображення обробки для верстата з ЧПК; лист
автоматизації; креслення робочого та контрольного пристосування; лист
розрахунку деталі на міцність; креслення

спецзавдання.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-5	к.т.н ., доц. Козлова О.Б		
6	к.т.н ., доц. Пухальська Г.В.		
7	к.т.н ., доц. Шмирко В.І.		
нормоконтроль	к. т. н., доц. Дядя С І		

7. Дата видачі завдання 01.09.2022р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	22.09.2022	
2	Конструкторська частина	08.10.2021	
3	Автоматизація	15.10.2022	
4	Розрахунок на міцність	22.10.2022	
5	Спецзавдання	05.11.2022	
6	Оцінка очікуваної економічної ефективності	12.11.2022	
7	Охорона праці	26.11.2022	
8	Оформлення пояснювальної записки	01.12.2022	
9	Нормоконтроль і рецензія	10.12.2022	
10	Захист дипломного проекту	15.12.2022	

Студент

(підпис)

Телюпа О.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Кононов В.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 105 с., 29 рис., 11табл., 3 додатки, 12 джерел.

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

Об'єкт дослідження – вал.

Мета роботи – вдосконалення технології виготовлення складно профільних валів у багатосерійному виробництві.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний розрахунково-аналітичний, комп'ютерне моделювання деталі.

В дипломному проєкті вдосконалено технологічний процес виготовлення деталі «Вал», вибрано і економічно обґрунтовано метод отримання заготовки, обрано обладнання, інструмент, розраховані режими різання, норми часу, розроблено керуючу програму для операцію з ЧПК, спроектовано робоче та запропоновано контрольне пристосування, досліджено міцносні характеристики деталі

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	
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.....	11
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі.....	14
1.4.1 Вибір технологічних баз.....	14
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	15
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	20
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	20
1.6 Розрахунок режимів різання.....	25
1.6.1 Операція 035 – токарна з ЧПК.....	25
1.6.2 Операція 125 – шліфувальна.....	30
1.6.3 Операція 050 – фрезерна.....	32
1.6.4 Операція 135 – шліфувальна.....	35
1.7 Технічне нормування операцій.....	38

1.7.1	Технічне	нормування	операції	
035.....				38
1.7.2	Технічне	нормування	операції	125.....40
1.7.3	Технічне	нормування	операції	
050.....				41
1.7.4	Технічне	нормування	операції	
135.....				42
1.8	Розробка	керуючої	програми	на операцію з ЧПК.....44
1.8.1	Операція	035	–	токарна з ЧПК.....44
1.8.2	Операція	050	–	фрезерна.....50
1.8.3	Операція	055	–	свердлильна.....52
2				Конструкторська частина.....55
2.1	Проектування			робочого пристосування.....55
2.1.1	Конструкція	і	принцип	роботи пристосування.....55
2.1.2	Визначення	похибки	базування та закріплення.	Розрахунок пристосувань на точність.....55
2.1.3	Розрахунок	необхідної	сили затиску.	Вибір приводу.....59
2.2	Проектування			контрольного пристосування.....63
2.2.1	Конструкція	і	принцип	роботи контрольного пристосування.....63
2.2.2	Розрахунок	контрольного	пристосування	на точність.....64
3.	Автоматизація.....			66
3.1	Роботизований	комплекс.....		66
4	Розрахунок	деталі	на міцність	72

4.1	Визначення	напружено-деформованого	стану	деталі.....	72
4.2	Визначення	допустимих навантажень	при різних варіантах	конструкції.....	72
4.3	Оптимізація	геометрії деталі.....			74
5	Спеціальне	завдання. Удосконалення	балансування валу		75
5.1		Аналіз	літературних	джерел.....	75
5.2		Можливі	шляхи	вирішення.....	86
6	Оцінка	очікуваної економічної	ефективності заходів.....		89
7			Охорона	праці.....	93
	Висновки				98
	Перелік		джерел	посилання.....	99
	Додаток А.	Визначення маси деталі та заготовок за допомогою масово-центру-вальних характеристик програмного забезпечення «КОМПАС-3D»...			101
	Додаток Б.	Специфікація фрезерного пристосування			103
	Додаток В.	Специфікація пристосування для контролю	биття.....		105

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

КВМ – коефіцієнт використання матеріалу

КГШП – кривошипно-гарячештампувальний прес

КП – керуюча програма

МВД – маршрут виготовлення деталі

МОП – маршрут обробки поверхні

ППТЯ – послідовність показників точності та якості

ТП – технологічний процес

ТО – термічна обробка

ЧПК – числове програмне керування

ВСТУП

Деталь «Вал» входить у вузол «Насон Н09», який у свою чергу є частиною системи рідинного охолодження блоків радіолокатора 36Д6. На посадкових шийках валу встановлюється декілька крильчаток, підшипники, що потребує подальшого балансування.

Собівартість деталі «Вал» значною мірою залежить від використання прогресивних технологічних процесів на виробництво продукції, застосування відповідно прогресивного технологічного обладнання та скорочення тривалості виробничого циклу та виготовлення деталі.

Тривалість виробничого циклу виготовлення деталі «Вал» у свою чергу можна скоротити, застосовуючи механізовані та автоматизовані обладнання та пристрої, зменшення ручної праці, використання автоматизованих методів прибирання стружки та транспортування деталей, використання передових методів управління виробництвом.

Значною мірою скорочується тривалість циклу конструкторської та технологічної підготовки виробництва, при використанні нових засобів автоматизованої підготовки виробництва.

Якість виробу створюється на етапах підготовки і виробництва продукції і реалізується в процесі експлуатації. Важливою складовою забезпечення якості продукції, є контроль виробу, як в ході виконання технологічного процесу, так і остаточний контроль деталі. Для забезпечення великого відсотка контрольованих деталей та зменшення часу на контроль необхідно застосовувати контрольні пристрої з автоматичним та напіваавтоматичним циклом роботи, при використанні різних затискачів, а також систем переробних та аналізуючих отриману інформацію.

Таблиця 1.2 – Фізичні властивості сталі 14X17H2[1]

Властивість	Значення
Щільність	7870 кг/м ³
Межа міцності при розтягуванні	1080 МПа
Межа плинності	835 МПа
Відносне подовження	10 %
Ударна в'язкість	490 кДж/м ²

Технічні вимоги до деталі:

- твердість – 28...32 HRC;
- термічна обробка – гартування 975...1040 °С в мастилі, відпал 275...350 °С на повітрі.

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Тип виробництва[2]призначаємо серійним згідно маси деталі та програми випуску.

Згідно [3] від встановленого порядку виконання операцій технологічного процесу (ТП), кількості партії оброблюваних деталей обираємо поточну форму організації робіт.

Кількість партії оброблюваних деталей:

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

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

$\alpha=3...5$ – періодичність запуску партій деталей в виробництво;

$A=250$ днів – 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

В якості методів отримання заготовки обираємо наступні:

- штампуванням на кривошипному гарячештампованому пресі (КГШП);
- прокат.

Для штампованої заготовки згідно рекомендацій [4] встановлюємо наступні характеристики:

- клас точності – Т2;
- група сталі – М2;
- ступінь складності – С1;
- нахили для зовнішніх поверхонь – 5°;
- зовнішні радіуси заокруглень – 2 мм, внутрішні радіуси заокруглень – 6 мм.

Припуски на всі поверхні штамповки приймаються згідно [5]: для розмірів до 50 мм – 1,9 мм; для розмірів 50...120 мм – 2,0 мм; для розмірів 260...360 мм – 2,5 мм.

Ескізи заготовок отриманих методом штамповки на КГШП та з прокату наведені на рис. 1.2, 1.3.

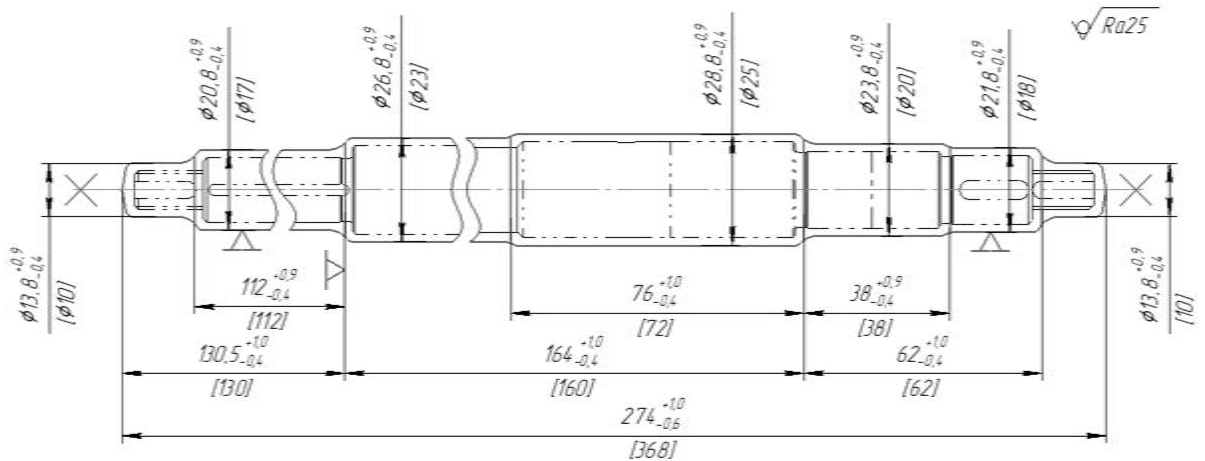


Рисунок 1.2 – Ескіз заготовки отриманоїна КГШП

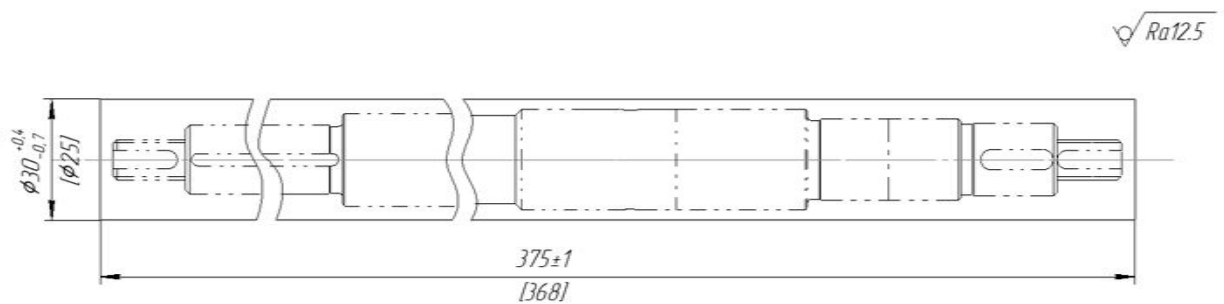


Рисунок 1.3 – Ескіз заготовки з прокату

Маси заготовок визначаємо за допомогою програмного забезпечення Компас (Додаток А).

Для техніко-економічного обґрунтування методу отримання заготовок оцінимо собівартість їх виготовлення.

Собівартість виготовлення однієї заготовки:

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

де Q – вага заготовки, кг;

q – вага деталі, кг;

B_B – базова собівартість виготовлення 1 т заготовкизаготовок, 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];

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

$$B_{\text{КГШП}} = \frac{3500}{1000} \cdot 1,35 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,51 \cdot 0,77 \cdot 1,27 \cdot 1 - (1,35 - 0,9) \cdot \frac{140}{1000} = 6,9 \text{ грн}$$

$$B_{\Pi} = \frac{2540}{1000} \cdot 2 - (2 - 0,9) \cdot \frac{140}{1000} = 4,92 \text{ грн}$$

Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) розраховується за формулою:

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

$$\eta_{\text{КГШП}} = \frac{0,9}{1,35} = 0,67$$

$$\eta_{\Pi} = \frac{0,9}{2} = 0,45$$

Порівняльні показники обраних методів заготовки заносяться в табл. 1.3.

Річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок:

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

де N – річна програма випуску, шт.

$$E_B = (6,9 - 4,92) \cdot 2000 = 3960 \text{ грн}$$

Заощадження на металі при виготовленні заготовки штампуванням:

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

$$M_e = \frac{0,9 \cdot (0,67 - 0,45)}{0,67 \cdot 0,45} \cdot 2000 = 1313 \text{ кг}$$

$$B_1 = \frac{3500}{1000} \cdot 1313 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,51 \cdot 0,77 \cdot 1,27 \cdot 1 = 6785 \text{ грн}$$

Таблиця 1.3 – Результати розрахунків показників економічного вибору заготовок

Показник	Позначення	Одиниці виміру	Варіант заготовки	
			КГШП	Прокат
Вага заготовки	Q	кг	1,35	2
Базова вартість 1 т заготовки	B_B	грн	3500	2540
Коефіцієнти	K_T		1,0	
	K_M		1,51	
	K_C		0,77	
	K_3		1,27	
	K_{II}		1,0	
Вартість 1 т стружки	$B_{в\dot{d}x}$	грн	140	140
Собівартість виготовлення заготовки	B_3	грн	6,9	4,92
Коефіцієнт використання матеріалу	η		0,67	0,45

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

На першій фрезерно-центрувальній операції в якості чорнових базобираємо зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 17$, $\varnothing 18$ та лівий торець $130_{-0,4}$ (рис. 1.1). Ці поверхні забезпечують найменшу похибку встановлення при виконанні операції.

Для токарних операцій призначаємо бази: центрові отвори, зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 23$ та $\varnothing 25$, крайні торці.

Для фрезерування пазів в якості баз призначаємо: зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 17$ та $\varnothing 18$.

Для шліфування в якості баз використовуємо центрові отвори.

Для свердлильної операції в якості баз використовуємо поверхню Ø25, центровий отвір, крайній торець.

При такому призначенні баз забезпечується точність обробки, тому що установочні та вимірювальні бази співпадають. Причому під час виготовлення деталі зберігається принцип постійності баз, що підвищує точність обробки.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Перед розробкою маршруту обробки поверхонь (МОП) проведемо нумерацію поверхонь деталі (рис. 1.4).

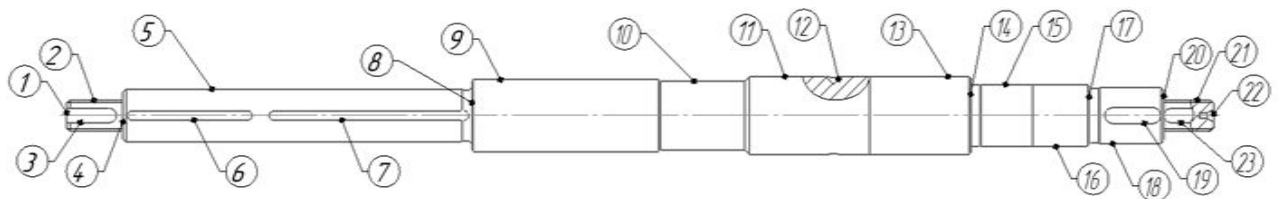


Рисунок 1.4 – Технологічна розмітка поверхонь деталі

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

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

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

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

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.

Проведемо розрахунок уточнень для поверхні 15 – Ø20js6(±0,0065):

$$\varepsilon_d = \frac{1,3}{0,013} = 100;$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{25}{0,4} = 62,4;$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{0,5}{0,02} = 25;$$

Розраховуємо кількість переходів за формулою:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon \quad (1.9)$$

$$k = 2 \cdot \lg 100 = 4$$

Послідовність показників точності та якості (ППТЯ):

1) Для допуску – IT17→h12→h10→TO→h8→js6;

2) Для шорсткості – Ra25→Ra3,2→Ra1,6→TO→Ra08→Ra0,4.

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

Перший перехід – точіння чорнове: $T_{D1}=210$ мкм; $T_{Ra1}=6,3$ мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d1} = \frac{1300}{210} = 6,2;$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{25}{6,3} = 3,96.$$

Другий перехід – точіння чистове: $T_{D2}=84$ мкм; $T_{Ra2}=1,6$ мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{210}{84} = 2,5;$$

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

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 6,2 \cdot 2,5 = 15,5 < \varepsilon_d = 100;$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 3,96 \cdot 3,9 = 15,6 < \varepsilon_{Ra} = 62,4.$$

Четвертий перехід – шліфування чорнове: $T_{D4}=33$ мкм; $T_{Ra4}=0,8$ мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d4} = \frac{84}{33} = 2,6;$$

$$\varepsilon_{Ra4} = \frac{1,6}{0,8} = 2.$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 15,5 \cdot 2,6 = 40,3 < \varepsilon_d = 100;$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 15,6 \cdot 2 = 31,2 < \varepsilon_{Ra} = 62,4.$$

П'ятий перехід – чистове шліфування: $T_{D5}=13$ мкм; $T_{Ra5}=0,4$ мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d5} = \frac{33}{13} = 2,5;$$

$$\varepsilon_{Ra5} = \frac{0,8}{0,4} = 2.$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 40,3 \cdot 2,5 = 100,7 \geq \varepsilon_d = 100;$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 31,2 \cdot 2 = 62,4 \geq \varepsilon_{Ra} = 62,4.$$

Цим же методом виконуємо розрахунок для інших поверхонь. Отримані дані заносимо до табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Маршрут обробки поверхонь деталі

Характер поверхні	Показники	Уточнення	Кількість переходів		Різниця показників ППТЯ	МОП		Параметр по переходам		Уточнення	
			розр	прийн		i	Метод обробки	допуск розміру	шорсткість	розміру	шорсткості
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зовнішня циліндрична поверхня 15 Ø20js6(±0,0065) Ra0,4	Td Ra	100 62,4	4	4	Δ IT = IT17–js6 = 11 IT17 → h12 → h10 → h8 → js6 Ra25 → Ra6,3 → Ra1,6→ Ra0,8→ Ra0,4	1	Заготовка-штамповка	1300	25	-	-
						2	Точіння чорнове	210	6,3	6,2	3,96
						3	Точіння чистове	84	1,6	2,5	3,9
						4	Термічна обробка	-	-	-	-
						5	Шліфування чорнове	33	0,8	2,6	2
						6	Шліфування чистове	13	0,4	2,5	2
Зовнішня циліндрична поверхня 4 Ø22h14 Ra3,2	Td Ra	6,2 7,8	1,8	2	Δ IT = IT17 – h12 = 5 IT17 → h14 → h12 Ra25 → Ra6,3→ Ra3,2	1	Заготовка-штамповка	1300	25	-	-
						2	Точіння чорнове	520	6,3	2,5	3,9
						3	Точіння чистове	210	3,2	2,5	2
						4	Термічна обробка	-	-	-	-

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зовнішня циліндрична поверхня 16 Ø20h6 Ra0,4	Td	100	4	4	$\Delta IT = IT17 - h6 = 11$ $IT17 \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow h8$ $\rightarrow h6$ $Ra25 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra1,6 \rightarrow$ $Ra0,8 \rightarrow Ra0,4$	1	Заготовка-штамповка	1300	25	-	-
	Ra	62,4				2	Точіння чорнове	210	6,3	6,2	3,96
						3	Точіння чистове	84	1,6	2,5	3,9
						4	Термічна обробка	-	-	-	-
						5	Шліфування чорнове	33	0,8	2,6	2
						6	Шліфування чистове	13	0,4	2,5	2
Зовнішня циліндрична поверхня 5 Ø17h6 Ra0,4	Td	118,2	4,1	4	$\Delta IT = IT17 - h7 = 11$ $IT17 \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow h8$ $\rightarrow h6$ $Ra25 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra1,6 \rightarrow$ $Ra0,8 \rightarrow Ra0,4$	1	Заготовка-штамповка	1300	25	-	-
	Ra	62,4				2	Точіння чорнове	180	6,3	7,2	3,96
						3	Точіння чистове	70	1,6	2,6	3,9
						4	Термічна обробка	-	-	-	-
						5	Шліфування чорнове	27	0,8	2,6	2
						6	Шліфування чистове	11	0,4	2,4	2
Зовнішня торцюва поверхня 8 130±0,5 Ra3,2	Td	1,4	1,8	2	$\Delta IT = IT17 - h14 = 3$ $IT17 \rightarrow h14 \rightarrow h14$ $Ra25 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2$	1	Заготовка-штамповка	1400	25	-	-
	Ra	7,8				2	Точіння чорнове	1000	6,3	1,4	3,9
						3	Точіння чистове	1000	3,2	1	2
						4	Термічна обробка	-	-	-	-

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Під технологічним маршрутом виготовлення деталі (МВД) розуміється послідовність виконання технологічних операцій з визначенням змісту операцій, вибором обладнання та технологічного оснащення для їх виконання. МВД «Вал» має вигляд:

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

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Для зовнішньої циліндричної поверхні 15 – $\varnothing 20_{js6}(\pm 0,0065)$ припуск розрахуємо розрахунково-аналітичним методом:

- 1) для заготовки: $Rz_1 = 160$ мкм та $h_1 = 200$ мкм [6];

Просторові відхилення заготовки:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2}, \quad (1.10)$$

де $\rho_{зм} = 0,5$ мм – відхилення від соосності[6];

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

$$\rho_{кор} = \Delta_{кор} \cdot \ell, \text{ мм} \quad (1.11)$$

де $\Delta_{кор} = 1,5$ мкм/мм кривизна поковки[6].

$$\rho_{кор} = 1,5 \cdot 368 = 552 \text{ мкм};$$

$$\rho_1 = \sqrt{0,5^2 + 0,552^2} = 0,544 \text{ мм}.$$

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:

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

де $K_{ут} = 0,06$ – коефіцієнт уточнення для переходів механічної обробки по [6].

$$\rho_2 = 0,06 \cdot 544 = 32 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_2 = 0,25 \cdot \sqrt{Td_{заг}^2 + 1} = 0,25 \cdot \sqrt{1,3^2 + 1} = 0,41 \text{ мм} \quad (1.13)$$

3) для чистового точіння: $Rz_3=10$ мкм та $h_3=15$ мкм [6];

$$\rho_3 = 0,04 \cdot 32 = 1,4 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_2 = K_{ут} \cdot \varepsilon_{i-1} = 0,04 \cdot 410 = 16,4 \text{ мкм} \quad (1.14)$$

4) для ТО:

$$\rho_4 = \Delta_k \cdot L = 0,1 \cdot 368 = 36,8 \text{ мкм} \quad (1.15)$$

де $\Delta_{\text{кор}} = 0,1 \text{ мкм/мм}$ кривизна після ТО [6].

5) для шліфування чорнового: $Rz_5=6,3 \text{ мкм}$ та $h_5=10 \text{ мкм}$ [6];

$$\rho_5 = 0,03 \cdot (36,8 + 1,4) = 0,4 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_5 = 0,03 \cdot 16,4 = 0,5 \text{ мкм}.$$

5) для шліфування чистового: $Rz_6=3,2 \text{ мкм}$ та $h_6=5 \text{ мкм}$ [6];

$$\rho_6 = 0,02 \cdot 0,4 = 0 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_6 = 0,02 \cdot 0,5 = 0 \text{ мкм}.$$

Мінімальні припуски для переходів механічної:

$$2z_i^{\min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (1.16)$$

$$2z_2^{\min} = 2(160 + 200 + \sqrt{544^2 + 410^2}) = 2082 \text{ мкм};$$

$$2z_3^{\min} = 2(40 + 40 + \sqrt{32^2 + 16,4^2}) = 152 \text{ мкм};$$

$$2z_5^{\min} = 2(10 + 15 + \sqrt{13,8^2 + 0,5^2}) = 78 \text{ мкм};$$

$$2z_6^{\min} = 2(6,3 + 10 + \sqrt{0,4^2 + 0^2}) = 34 \text{ мкм}.$$

Максимальний розмір поверхні:

$$d_6^{\max} = d_4^{\min} + ES_{d4} \quad (1.17)$$

$$d_6^{\max} = 20 + 0,0065 = 20,0065 \text{ мм}$$

Максимальний розмір для механічних переходів:

$$d_i^{\max} = d_{i+1}^{\max} + 2z_{i+1}^{\min} + Td_i \quad (1.18)$$

$$d_5^{\max} = 20,0065 + 0,034 + 0,033 = 20,0735 \rightarrow 20,074 \text{ мм};$$

$$d_3^{\max} = 20,074 + 0,078 + 0,084 = 20,236 \text{ мм};$$

$$d_2^{\max} = 20,236 + 0,152 + 0,21 = 20,598 \text{ мм};$$

$$d_1^{\max} = 20,598 + 2,082 + 1,3 = 23,98 \rightarrow 24 \text{ мм}.$$

Мінімальний розмір поверхні:

$$d_i^{\min} = d_i^{\max} - Td_i \quad (1.19)$$

$$d_6^{\min} = 20,0065 - 0,013 = 19,9935 \text{ мм};$$

$$d_5^{\min} = 20,074 - 0,033 = 20,041 \text{ мм};$$

$$d_3^{\min} = 20,236 - 0,084 = 20,152 \text{ мм};$$

$$d_2^{\min} = 20,598 - 0,21 = 20,388 \text{ мм};$$

$$d_1^{\min} = 24 - 1,3 = 22,7 \text{ мм}.$$

Мінімальний припуск:

$$2z_i^{\min} = d_{i-1}^{\min} - d_i^{\max} \quad (1.20)$$

$$2z_2^{\min} = 22,7 - 20,598 = 2,102 \text{ мм};$$

$$2z_3^{\min} = 20,388 - 20,236 = 0,152 \text{ мм};$$

$$2z_5^{\min} = 20,152 - 20,074 = 0,078 \text{ мм};$$

$$2z_6^{\min} = 20,041 - 20,0065 = 0,0345 \text{ мм}.$$

Граничні значення припусків по переходам механічної обробки розраховуються за формулою:

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

$$2z_2^{\max} = 24 - 20,388 = 3,612 \text{ мм};$$

$$2z_3^{\max} = 20,298 - 20,152 = 0,446 \text{ мм};$$

$$2z_5^{\max} = 20,236 - 20,041 = 0,557 \text{ мм};$$

$$2z_6^{\max} = 20,074 - 19,9935 = 0,0805 \text{ мм}.$$

Схема розташування допусків, припусків та технологічних розмірів наведено на рис. 1.5 та табл. 1.5.

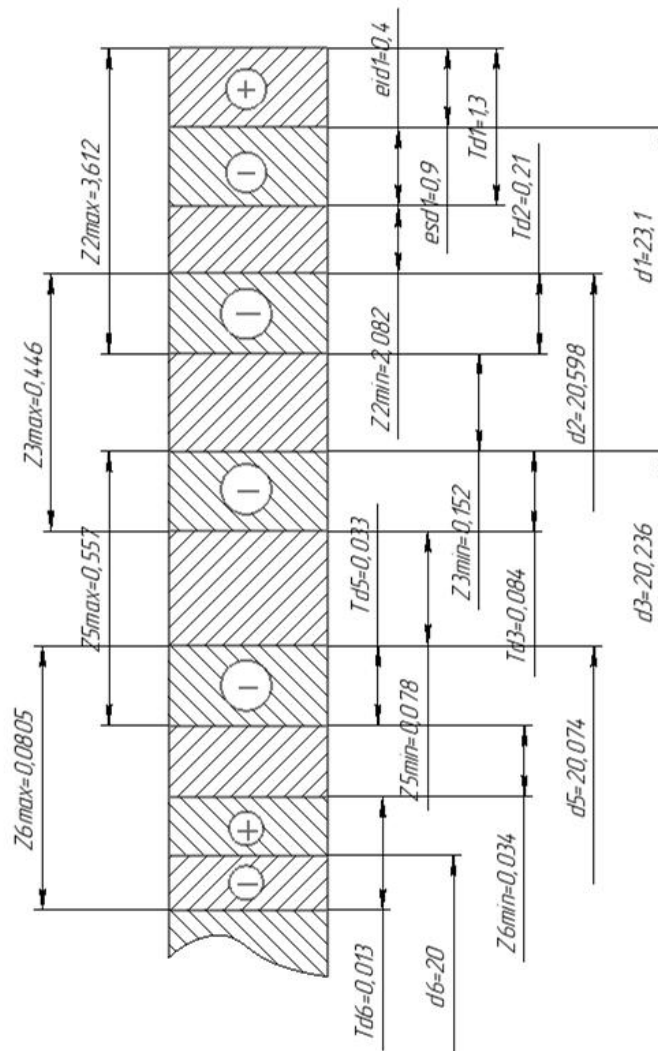


Рисунок 1.5 – Схема розташування припусків та технологічних розмірів

Перевірка правильності розрахунків технологічних розмірів:

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

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

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

$$2z_0^{\max} = 24 - 19,9935 = 4,0065 \text{ мм};$$

$$2z_0^{\min} = 22,7 - 20,0065 = 2,6935 \text{ мм};$$

$$TD_0 = 1,3 + 0,013 = 1,313 \text{ мм};$$

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = 4,0065 - 2,6935 = 1,313 \text{ мм}.$$

Виконавчий розмір заготовки – $\varnothing 23,1^{+0,9}_{-0,4}$ мм.

Таблиця 1.5 – Припуски та міжопераційні розміри

Характеристика поверхонь	МОП		Допуск	Граничні значення розмірів		Граничні значення припуску		Виконавчий розмір
	ІТ	Методобробки		$d_i^{\max}$, мм	$d_i^{\min}$, мм	$2z_i^{\max}$	$2z_i^{\min}$	
15) $\varnothing 20_{js6}$ $Ra=0,4$ $\uparrow=0,02$	17	Заготовка	1,3	24	22,7	-	-	$\varnothing 23,1^{+0,9}_{-0,4}$ $\varnothing 20,6_{-0,21}$ $\varnothing 20,24_{-0,084}$ - $\varnothing 20,074_{-0,033}$ $\varnothing 20 \pm 0,0065$
	12	Точен. чорн.	0,21	20,598	20,388	3612	2082	
	10	Точен. чист.	0,084	20,236	20,152	446	152	
	-	ТО	-	-	-	-	-	
	8	Шлиф. чорн.	0,033	20,074	20,041	557	78	
	6	Шлиф. чист	0,013	20,0065	19,9935	80,5	34	
			4,0065-2,6935=1,3+0,013	1,313=1,313		4,0065	2,6935	

1.6 Розрахунок режимів різання

1.6.1 Операція 035– токарна з ЧПК

Чистове точіння деталі виконуємо на токарному верстаті з числовим програмним керуванням (ЧПК) 16K20T1. Операційний ескіз операції 035 наведений на рис. 1.6. В якості пристосування використовується патрон трьохкулачковий. Технічна характеристика верстата:

- 1) Найбільший діаметр оброблюваної деталі, мм:
 - при встановленні над станиною – 400;
 - при встановленні над супортом – 115;
- 2) Найбільша довжина обробки, мм – 900;
- 3) Діаметр отвору у шпинделі, мм – 53;
- 4) Число одночасно керованих координат – 2;
- 5) Частота обертання, шпинделя, об/хв – 10...2000;
- 6) Подача, мм/об:
 - Поздовжні – 0,01;
 - Поперечні – 0,005 – 1,4;
- 7) Максимальна робоча подача, мм/хв:
 - Поздовжня – 2000;
 - Поперечна – 1100;
- 8) Швидкість швидких переміщень, мм/хв:
 - Поздовжніх – 6000;
 - Поперечних – 5000;
- 9) Кількість позицій револьверної головки – 6;
- 10) Потужність головного електродвигуна, кВт – 11,

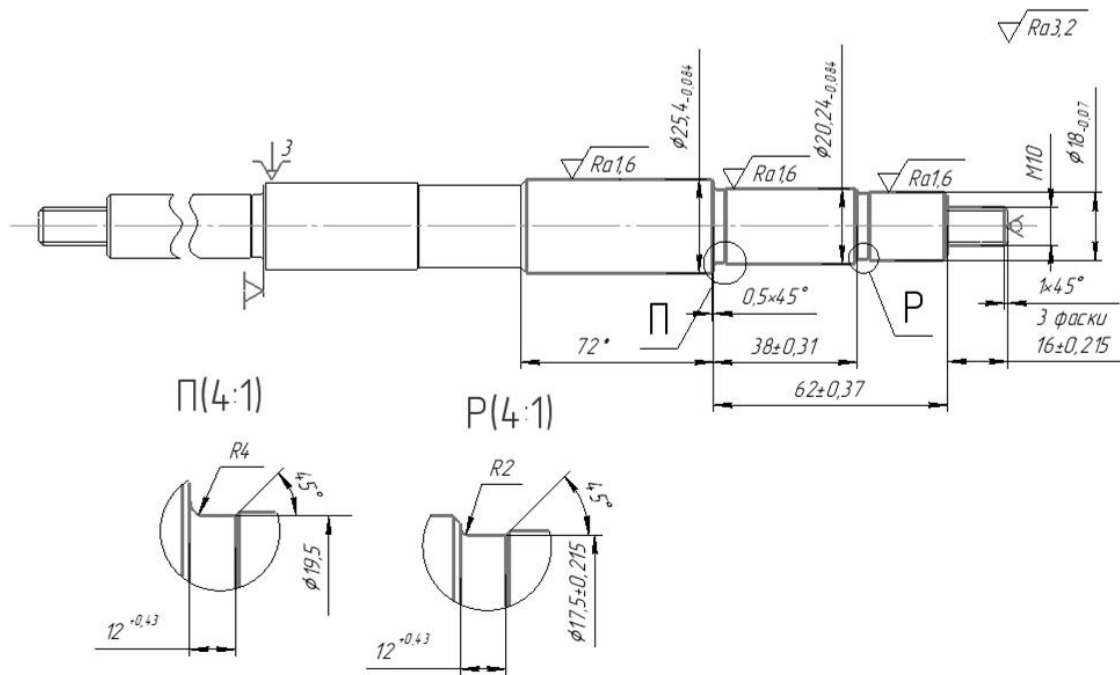


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз операції 035

Операція складається із трьох переходів:

- Перший перехід – точити зовні начисто;
- Другий перехід – точити канавки;
- Третій перехід – точити різьбу.

Інструмент:

- 1) різець прохідний 2112-0006 $\phi=95^\circ, \alpha=10^\circ, \gamma=8^\circ; r=1\text{мм}, 25 \times 16 \times 140$, Т15К6 ГОСТ 18880-73 [7];
- 2) різець канавочний 2130-0515 $a=10\text{ мм}$ Т15К6 ГОСТ 18874-73 [7];
- 3) різець різьбовий 2660-05205 $\phi=60^\circ, \alpha=10^\circ, \gamma=8^\circ; 25 \times 16 \times 140$, Т15К6 ГОСТ 18876-73 [7].

Виконаємо розрахунок першого переходу – зовнішнє чистове точіння.

Припуск на обробку:

$$h = \frac{D_{\text{заг}} - D_{\text{дет}}}{2}, \quad (1.25)$$

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

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

$$h = \frac{26,4 - 25,4}{2} = 0,5 \text{ мм}$$

Глибина різання:

$$t = \frac{h}{i}, \quad (1.26)$$

де h – припуск на обробку, мм;

$i=2$ – кількість проходів.

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

Розрахуємо подачу за формулою:

$$S_0 = S_{0T} \cdot K_S, \text{ мм/об} \quad (1.27)$$

де $S_{0T} = 0,1$ – табличне значення подачі мм/об [8];

K_S – поправочний коефіцієнт на подачу

$$K_S = K_{Sp} \cdot K_{Si} \cdot K_{Sn} \cdot K_{Sm} \cdot K_{Sl} \cdot K_{Se} \quad (1.28)$$

де $K_{Sp} = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує установку деталі [8];

$K_{Si} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої пластини [8];

$K_{Sn} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує квалітет обробки [8];

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

$K_{Sl} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує радіус вершини різця [8];

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

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

$$S_0 = 0,1 \cdot 0,8 = 0,08 \text{ мм/об}$$

Приймаємо за паспортном верстата $S_0 = 0,08$ мм/об.

Швидкість різання V , м/хв розраховується за формулою:

$$V = V_m \cdot K_V \quad (1.29)$$

де $V_m = 487$ м/хв – табличне значення швидкості різання [8];

K_V – поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_V = K_{Vm} \cdot K_{Vi} \cdot K_{Vj} \cdot K_{Vo} \cdot K_{VT} \cdot K_{VNB} \cdot K_{Ve} \cdot K_{Vж} \quad (1.30)$$

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

$K_{Vi} = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої пластини, [8];

$K_{Vj} = 0,7$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість верстата [8];

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

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

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

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

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

$$K_V = 0,85 \cdot 0,6 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,22$$

$$V = 487 \cdot 0,22 = 109 \text{ м/хв}$$

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

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \quad (1.31)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 109}{3,14 \cdot 25,4} = 1366 \text{ об/хв}$$

Приймається фактична частота обертання шпинделя верстата відповідно до паспортних даних $n_d = 1300 \text{ об/хв}$.

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

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

$$V_d = \frac{1300 \cdot 3,14 \cdot 25,4}{1000} = 103,6 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу:

$$L_{px} = l_{обр} + l_{вр} + l_{пер}, \quad (1.33)$$

де $l_{обр}$ – довжина обробки, мм;

$l_{вр} = 2 \text{ мм}$ – величина врізання [8];

$l_{пер} = 0,5 \text{ мм}$ – перебігу [8].

$$L_{px} = 16 + 24 + 4 + 1 + 38 + 25 + 72 + 2 + 0,5 = 182,5 \text{ мм}$$

Режими різання для другого та третього переходів розраховуються аналогічно. Результати розрахунків режимів різання за переходами наведено в табл. 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	25,4	0,25	0,08	103,6	1300	12,85	182,5	2
2	20,24	0,35	0,05	82	1300	6,9	12	2
3	10	0,6	1,5	31	1000	41,5	16	8

Основний час:

$$t_o = \frac{L_{px}}{S_o \cdot n} \cdot i, \text{хв} \quad (1.34)$$

$$t_{o1} = \frac{182,5}{0,08 \cdot 1300} \cdot 2 = 3,5 \text{ хв}$$

$$t_{o2} = \frac{12}{0,05 \cdot 1300} \cdot 2 = 0,36 \text{ хв}$$

$$t_{o3} = \frac{16}{1,5 \cdot 1000} \cdot 8 = 0,08 \text{ хв}$$

$$\Sigma T_o = 3,5 + 0,36 + 0,08 = 3,94 \text{ хв}$$

1.6.2 Операція 125– шліфувальна

Для шліфування поверхонь призначаємо круглошліфувальний верстат 3А151, в якості інструменту – шліфувальний круг 1 600х63х305 15А 40Н СТ1 6 К8 А 50м/с ГОСТ 2424-82.

Пристосування – центр, хомутик повідковий

Технічні характеристики верстата:

- 1) найбільший діаметр оброблюваної заготовки – 200мм;
- 2) найбільша довжина оброблюваної заготовки – 700 мм;
- 3) частота обертання круга – 1272об/хв;

- 4) частота обертання шпинделя (безступінчаста) –63...400об/хв;
- 5) потужність – 7,5 кВт.

Операційний ескіз зображено на рис. 1.7.

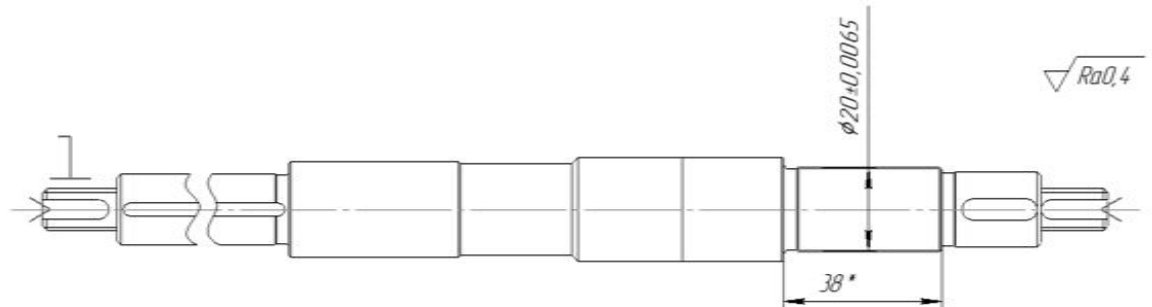


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз

Припуск на обробку $z=0,034$ мм (табл. 1.4).

Подача радіальна розраховуємо по формулі:

$$S_0 = S_T \cdot K_S, \text{ мм/об} \quad (1.35)$$

де $S_T=0,008$ мм/об – табличне значення подачі [8];

K_S – поправочний коефіцієнт на подачу

$$K_S = K_{Sp} \cdot K_{Si} \cdot K_{Sn} \cdot K_{Sm} \cdot K_{Sl} \cdot K_{Se} \quad (1.36)$$

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

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

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

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

$K_{IT}=0,5$ – коефіцієнт враховуючий квалітет виконання розміру [8];

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

$$S_{\text{поп}} = 0,008 \cdot 0,42 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1 = 0,0014 \text{ мм/об}$$

Обираємо з паспорту верстату: $S_{\text{рад}}=0,0025$ мм/об.

Табличне значення швидкості різання:

- для круга – $V_{\text{ш.кр.}}=45$ м/с [8];
- для деталі – $V_{\text{ш.дет.}}=50$ м/хв [8].

Частоту обертання розраховуємо за формулою:

$$n_{\text{ш.кр.}}^p = \frac{1000 \cdot V_{\text{ш.кр.}} \cdot 60}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв} \quad (1.37)$$

$$n_{\text{дет.}}^p = \frac{1000 \cdot V_{\text{ш.дет.}}}{\pi \cdot d}, \text{ об/хв} \quad (1.38)$$

$$n_{\text{ш.кр.}}^p = \frac{1000 \cdot 45 \cdot 60}{3,14 \cdot 600} = 1433 \text{ об/хв};$$

$$n_{\text{дет.}}^p = \frac{1000 \cdot 50}{3,14 \cdot 20} = 796 \text{ об/хв.}$$

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

Фактичну швидкість різання розраховуємо за формулою (1.32):

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

$$V_{\text{дет.}} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 400}{1000} = 25 \text{ м/с.}$$

Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{z \cdot k}{n_{\text{дет.}} \cdot S_{\text{поп}}}, \text{ хв} \quad (1.39)$$

де $k=1,7$ – коефіцієнт уточнення.

z – припуск під шліфування, мм.

$$T_o = \frac{0,034 \cdot 1,7}{400 \cdot 0,0025} = 0,06 \text{ хв.}$$

1.6.3 Операція 050 – фрезерна

Для фрезерування шпоночного пазу призначаємо вертикально-фрезерний верстат моделі 675.

Технічні характеристики верстата:

1) найбільше переміщення столу:

- повздовжнє – 320 мм;
- поперечне – 300 мм;
- вертикальне – 300 мм;

2) число швидкостей шпинделя – 16;

3) діапазон частот обертання шпинделя, об/хв – 40;50;63;80;100;125;160;200;250;310;400;500;630;800;1000;1250;1600;2000;2500;3150;

4) число подач столу – 18;

5) повздовжня та поперечна подача столу, мм/хв – 50...1600;

6) потужність двигуна – 2 кВт;

7) габаритні розміри – 1110 мм × 11170 мм × 11650 мм;

8) вага – 1100 кг.

Для операції фрезерування обираємо шпоночну фрезу діаметром $D=5\text{ мм}$ з числом зубців $z=2$ та матеріалу Р6М5 за ГОСТ 9140-78 [7].

Операційний ескіз зображено на рис. 1.8.

Подачу обираємо за довідковою літературою [7]:

- повздовжня – $S_z^{\text{табл}} = 0,022 \text{ мм/зуб}$;
- вертикальна – $S_z^{\text{табл}} = 0,007 \text{ мм/зуб}$.

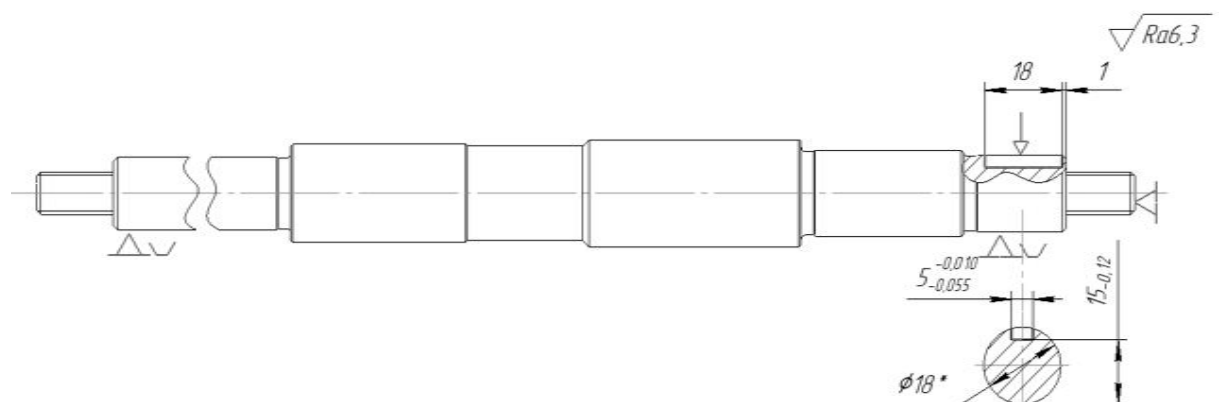


Рисунок 1.8 – Операційний ескіз

Розраховуємо швидкість різання:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D_\phi^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_{VM} \cdot K_{VI} \cdot K_{VP}, \text{ м/хв} \quad (1.40)$$

де $C_v=12$, $q=0,3$, $x=0,3$, $y=0,25$, $u=0$, $p=0$, $m=0,26$ – показники ступеня [7];

K_{VM} – коефіцієнт оброблюваності матеріалу [7];

$K_{VI}=1$ – коефіцієнт, враховуючий властивості матеріалу ріжучої частини інструмента [7];

$K_{VP}=1$ – коефіцієнт, враховуючий стан поверхні заготовки [7];

$T=80$ хв – період стійкості інструменту;

D_ϕ – діаметр фрези.

$$K_{VM} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n = \left(\frac{750}{650} \right)^{0,9} = 1,13 \quad (1.41)$$

$$V_p = \frac{12 \cdot 5^{0,3}}{80^{0,26} \cdot 3^{0,3} \cdot 0,022^{0,25} \cdot 5^0 \cdot 2^0} \cdot 1,13 \cdot 1 \cdot 1 = 17,3 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.31):

$$n = \frac{1000 \cdot 17,3}{3,14 \cdot 5} = 1101 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата: $n_d=1000$ об/хв.

Дійсну швидкість різання розраховуємо за формулою (1.32):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 1000}{1000} = 15,7 \text{ м/хв}$$

Визначаємо хвилинну подачу інструменту за формулою:

$$S_M = S_z \cdot n \cdot z \quad (1.42)$$

$$S_{M \text{ повз}} = 0,022 \cdot 1000 \cdot 2 = 44 \text{ мм/хв}$$

$$S_{\text{м верт}} = 0,007 \cdot 1000 \cdot 2 = 14 \text{ мм/хв}$$

Обираємо за паспортом верстата $S_{\text{м повз}} = 40 \text{ мм/хв}$, $S_{\text{м верт}} = 12,5 \text{ мм/хв}$.

Визначення машинного часу:

$$t_o = \frac{x + l_1}{S_{\text{верт}}} + \frac{l - D_{\phi}}{S_{\text{повз}}}, \text{ хв} \quad (1.43)$$

де l – довжина фрезерування, мм;

x – глибина фрезерування, мм;

l_1 – величина врізання, мм.

$$l_1 = 0,5 \cdot D_{\phi} \cdot \sin \left(\arccos \left(1 - \frac{2 \cdot t}{D_{\phi}} \right) \right), \text{ мм} \quad (1.44)$$

$$l_1 = 0,5 \cdot 5 \cdot \sin \left(\arccos \left(1 - \frac{2 \cdot 3}{5} \right) \right) = 1,5 \text{ мм};$$

$$t_o = \frac{3 + 1,5}{12,5} + \frac{18 - 5}{40} = 0,68 \text{ хв.}$$

1.6.4 Операція 135 – шліфувальна

Для шліфування поверхонь призначаємо круглошліфувальний верстат 3А151, в якості інструменту – шліфувальний круг 1 600х63х305 15А 40Н СТ1 6 К8 А 50м/с ГОСТ 2424-82.

Пристосування – центр, хомутик повідковий

Технічні характеристики верстата:

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

5) потужність – 7,5 кВт.

Операційний ескіз зображено на рис. 1.9.

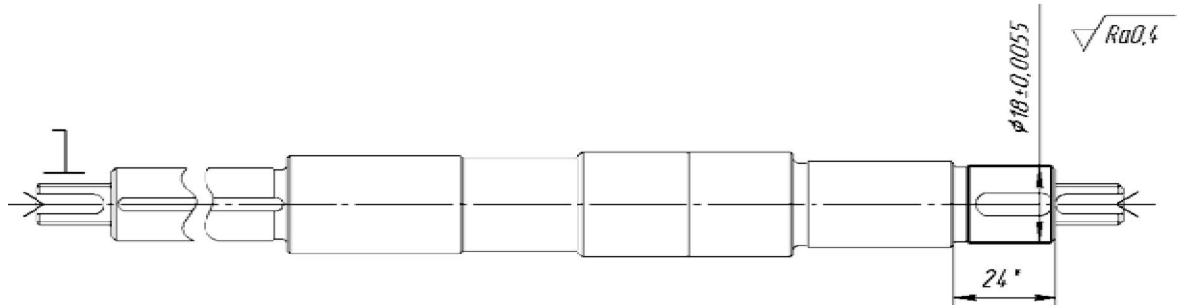


Рисунок 1.9 – Операційний ескіз

Припуск на обробку $z=0,05$ мм.

Подача радіальна розраховуємо по формулі (1.35, 1.36):

де $S_T=0,008$ мм/об – табличне значення подачі [8];

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

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

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

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

K_{IT} – коефіцієнт враховуючий квалітет виконання розміру [8], $K_{IT}=0,5$;

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

$$S_{\text{поп}} = 0,008 \cdot 0,42 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1 = 0,0014 \text{ мм/об}$$

Обираємо з паспорту верстату: $S_{\text{рад}}=0,0025$ мм/об.

Табличне значення швидкості різання:

- для круга – $V_{\text{ш.кр.}}=45$ м/с[8];

- для деталі – $V_{\text{ш.дет.}}=50$ м/хв[8].

Частоту обертання розраховуємо за формулою (1.35, 1.36):

$$n_{\text{ш.кр.}}^p = \frac{1000 \cdot 45 \cdot 60}{3,14 \cdot 600} = 1433 \text{ об/хв};$$

$$n_{\text{дет.}}^p = \frac{1000 \cdot 50}{3,14 \cdot 18} = 884 \text{ об/хв.}$$

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):

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

$$V_{\text{дет.}} = \frac{3,14 \cdot 18 \cdot 400}{1000} = 23 \text{ м/с.}$$

Визначаємо основний час за формулою (1.37):

$$T_o = \frac{0,05 \cdot 1,7}{400 \cdot 0,0025} = 0,1 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку режимів різання для решти операцій приведено в табл. 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 Фрезерно-центрувальна	01	1	1	0,06	7	710
	02	2,3	1	0,5	94	300
020 Токарназ ЧПК	01	1	2	0,2	78	1000
025 Токарна з ЧПК	01	1	2	0,2	78	1000
030 Токарна з ЧПК	01	0,25	2	0,08	103,6	1300
	02	0,35	2	0,05	82	1300
	03	0,6	6	1,5	31	1000
035 Токарна з ЧПК	01	0,25	2	0,08	103,6	1300
	02	0,35	2	0,05	82	1300
	03	0,6	6	1,5	31	1000
040 Фрезерна	01	1,6	2	40мм/хв	13	1000
045Фрезерна	01	2	2	40мм/хв	12	1000
050 Фрезерна	01	3	2	40мм/хв	15,7	1000
055Свердлильна	01	2,5	2	0,1	19,6	1250

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4	5	6	7
080 Круглошліфувальна	01	0,55	1	0,01	40/42	1272/400
085 Круглошліфувальна	01	0,45	1	0,01	40/37	1272/400
090 Круглошліфувальна	01	0,5	1	0,01	40/36	1272/400
095 Круглошліфувальна	01	0,4	1	0,01	40/37	1272/400
100 Круглошліфувальна	01	0,4	1	0,01	40/27	1272/400
105 Круглошліфувальна	01	0,1	1	0,0025	40/27	1272/400
110 Круглошліфувальна	01	0,1	1	0,0025	40/27	1272/400
115 Круглошліфувальна	01	0,08	1	0,0025	40/27	1272/400
120 Круглошліфувальна	01	0,05	1	0,0025	40/27	1272/400
125 Круглошліфувальна	01	0,034	1	0,0025	40/25	1272/400
130 Круглошліфувальна	01	0,05	1	0,0025	40/25	1272/400
135 Круглошліфувальна	01	0,05	1	0,0025	40/23	1272/400

1.7 Технічне нормування операцій

1.7.1 Технічне нормування операції 035

Допоміжний часна операцію:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{уп}} + t_{\text{пр.рух.}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.45)$$

де $t_{\text{вст}} = 0,5$ хв – час на встановлення та зняття деталі [9];

$t_{\text{уп}} = 0,2$ хв – час на управління верстатом[9];

$t_{\text{пр.рух.}} = 0,5$ хв – час пришвидшених рухів [9];

$t_{\text{контр}} = 0,3$ хв – час на контроль деталі, хв.

$$t_{\text{доп}} = 0,5 + 0,2 + 0,5 + 0,3 = 1,5 \text{ хв}$$

Оперативний час:

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{доп}} \quad (1.46)$$

$$t_{\text{оп}} = 3,94 + 1,5 = 5,44 \text{ хв}$$

Додатковий час:

$$t_{\text{дод}} = t_{\text{оп}} \cdot \alpha \quad (1.47)$$

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

$$t_{\text{дод}} = 5,44 \cdot 0,1 = 0,54 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{дод}} \quad (1.48)$$

$$t_{\text{шт}} = 5,44 + 0,54 = 5,98 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для обробки партії деталей:

$$t_{\text{пз}} = t_{\text{пз1}} + t_{\text{пз2}} + t_{\text{пз3}} \quad (1.49)$$

де $t_{\text{пз1}} = 18 \text{ хв}$ – час, що включає наладку верстату, інструменту, пристосування[9];

$t_{\text{пз2}} = 8 \text{ хв}$ – час на отримання інструменту, пристосування, здачу їх після роботи [9].

$$t_{\text{пз}} = 18 + 8 = 26 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{пз}}}{n} \quad (1.50)$$

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

$$t_{\text{шт-к}} = 5,98 + \frac{26}{24} = 7,07 \text{ хв}$$

1.7.2 Технічне нормування операції 125

Допоміжний часна операцію розраховується за формулою (1.45):

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

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

$t_{\text{контр}} = 0,12$ хв – час на вимірювання [9].

$$t_{\text{доп}} = 0,2 + 0,5 + 0,12 = 0,82 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.46):

$$t_{\text{оп}} = 0,06 + 0,82 = 0,88 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.47):

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

$$t_{\text{дод}} = 0,88 \cdot 0,1 = 0,09 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.48):

$$t_{\text{шт}} = 0,88 + 0,09 = 0,97 \text{ хв}$$

Підготовчо-заклучний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (1.49):

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

$t_{пз2} = 13$ хв – час на додаткові прийоми, що не увійшли в комплекс [9].

$$t_{пз} = 12 + 13 = 25 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.50):

$$t_{шт-к} = 0,97 + \frac{25}{24} = 2,01 \text{ хв}$$

1.7.3 Технічне нормування операції 050

Допоміжний часна операцію розраховується за формулою (1.45):

де $t_{вст} = 0,32$ хв – час на встановлення та зняття деталі [9];

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

$t_{контр} = 0,08$ хв – час на вимірювання [9].

$$t_{доп} = 0,32 + 0,5 + 0,08 = 0,9 \text{ хв.}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.46):

$$t_{оп} = 0,68 + 0,9 = 1,58 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.47):

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

$$t_{дод} = 1,58 \cdot 0,1 = 0,16 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.48):

$$t_{шт} = 1,58 + 0,16 = 1,74 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (1.49):

де $t_{пз1} = 13 \text{ хв}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни [9];

$t_{пз2} = 14 \text{ хв}$ – час на додаткові прийоми, що не увійшли в комплекс [9].

$$t_{пз} = 13 + 14 = 27 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.50):

$$t_{шт-к} = 1,74 + \frac{27}{24} = 2,86 \text{ хв}$$

1.7.4 Технічне нормування операції 135

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою (1.45):

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

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

$t_{контр} = 0,12 \text{ хв}$ – час на вимірювання [9].

$$t_{доп} = 0,2 + 0,5 + 0,12 = 0,82 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.46):

$$t_{оп} = 0,1 + 0,82 = 0,92 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.47):

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

$$t_{\text{дод}} = 0,92 \cdot 0,1 = 0,09 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.48):

$$t_{\text{шт}} = 0,92 + 0,09 = 1,01 \text{ хв}$$

Підготовчо-заклучний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (1.49):

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

$t_{\text{пз2}} = 13 \text{ хв}$ – час на додаткові прийоми, що не увійшли в комплекс [9].

$$t_{\text{пз}} = 12 + 13 = 25 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.50):

$$t_{\text{шт-к}} = 1,01 + \frac{25}{24} = 2,05 \text{ хв}$$

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 Фрезерно-центрувальна	2,5	1,13	0,36	3,99	22	4,91
020 Токарна з ЧПК	25	1,5	2,65	29,15	26	30,23
025 Токарна з ЧПК	23	1,5	2,45	26,95	26	28,03
030 Токарна з ЧПК	5	1,5	0,65	7,15	26	8,23
035 Токарна з ЧПК	3,94	1,5	0,54	5,98	26	7,07
040 Фрезерна	12	0,9	1,29	14,19	27	15,32
045 Фрезерна	8	0,9	0,89	9,79	27	10,92

050 Фрезерна	0,68	0,9	0,16	1,74	27	2,86
Продовження таблиці 1.8						
1	2	3	4	5	6	7
055 Свердлильна	3	0,8	0,38	4,18	18	4,93
080 Круглошліфувальна	1,5	0,82	0,23	2,55	25	3,59
085 Круглошліфувальна	1,7	0,82	0,25	2,77	25	3,81
090 Круглошліфувальна	2	0,82	0,28	3,10	25	4,14
095 Круглошліфувальна	3	0,82	0,38	4,20	25	5,24
100 Круглошліфувальна	2,5	0,82	0,33	3,65	25	4,69
105 Круглошліфувальна	0,5	0,82	0,13	1,45	25	2,49
110 Круглошліфувальна	0,3	0,82	0,11	1,23	25	2,27
115 Круглошліфувальна	0,35	0,82	0,12	1,29	25	2,33
120 Круглошліфувальна	0,4	0,82	0,12	1,34	25	2,38
125 Круглошліфувальна	0,06	0,82	0,09	0,97	25	2,01
130 Круглошліфувальна	0,18	0,82	0,10	1,10	25	2,14
135 Круглошліфувальна	0,1	0,82	0,09	1,01	25	2,05

1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

1.8.1 Операція 035 – токарна з ЧПК

Для токарної операція 035 керуючу програму (КП) розробимо за допомогою програми Siemens NX. Для цього розробимо 3D моделі деталі та заготовки (рис. 1.9, 1.10).

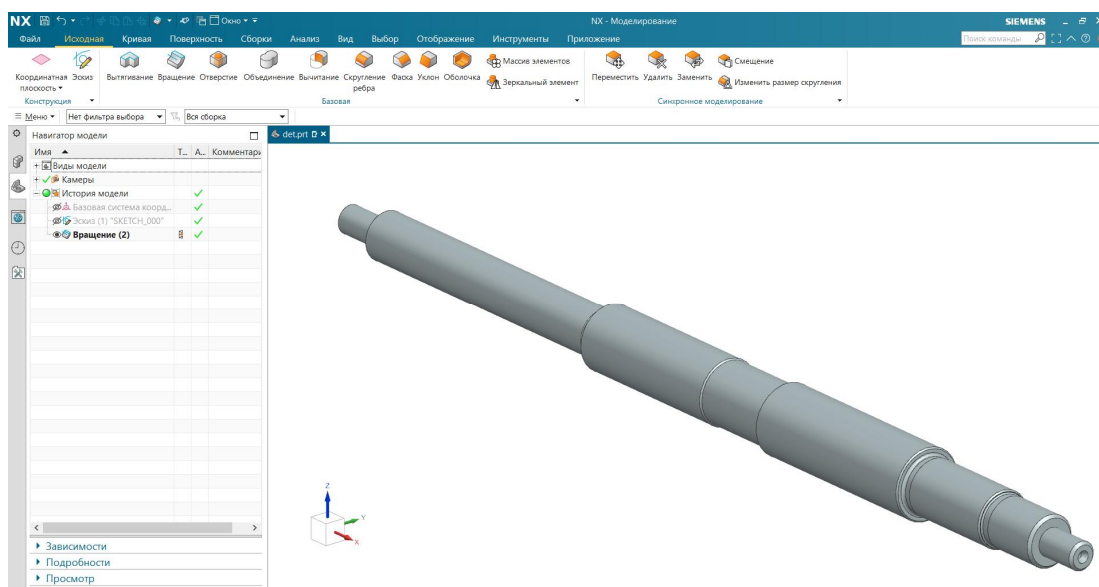


Рисунок 1.9 – 3D модель деталі

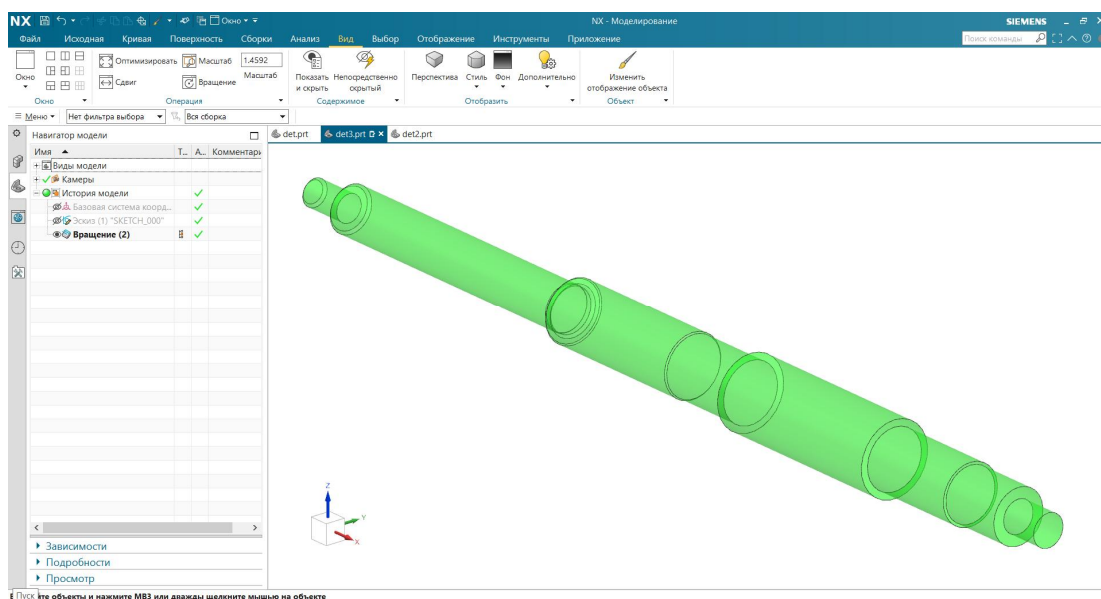


Рисунок 1.10 – 3Dмодель заготовки

Створюємо візуалізацію умов обробки (рис. 1.11).

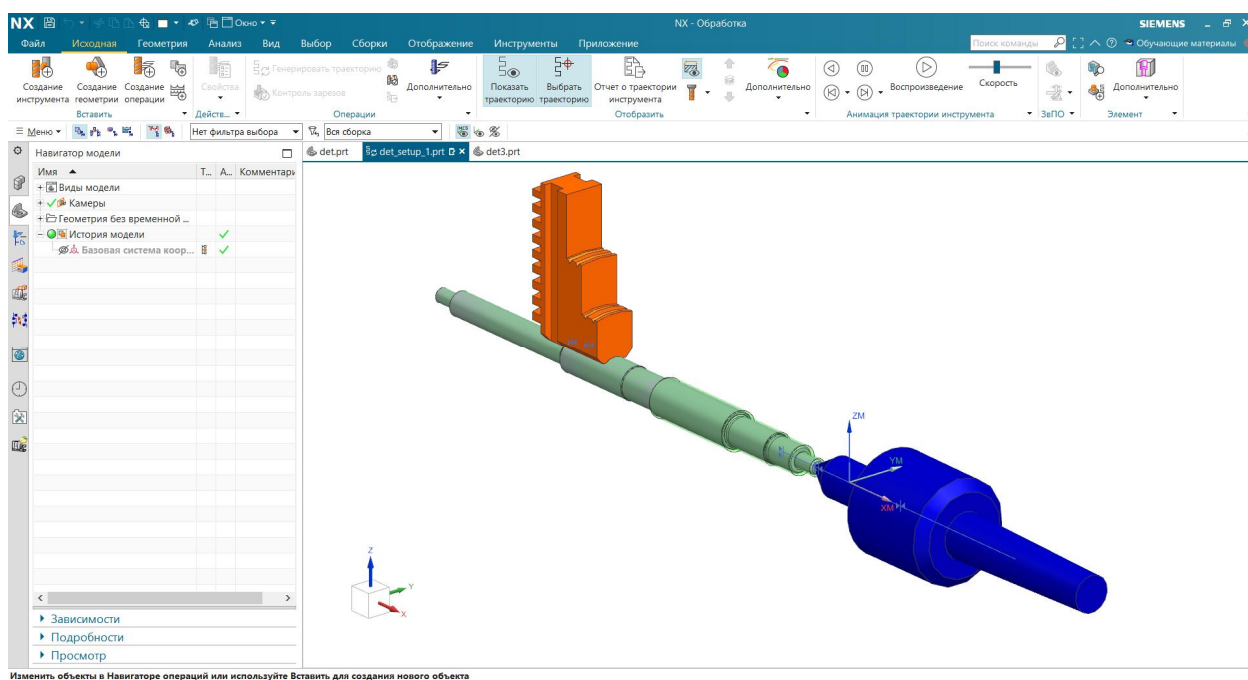


Рисунок 1.11 – Схема обробки

В програмі визначаємо робочу геометрію WORKPIECE (рис. 1.12).

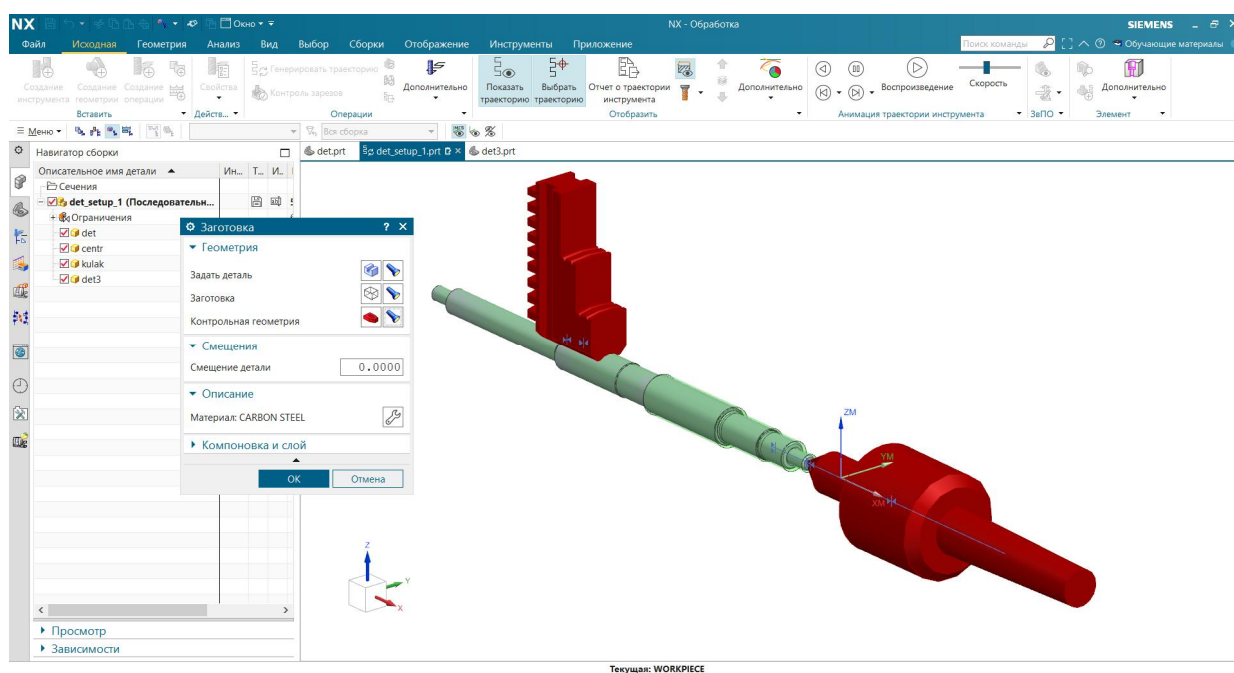


Рисунок 1.12 – Робоча геометрія

Генеруємо токарний переріз (рис. 1.13).

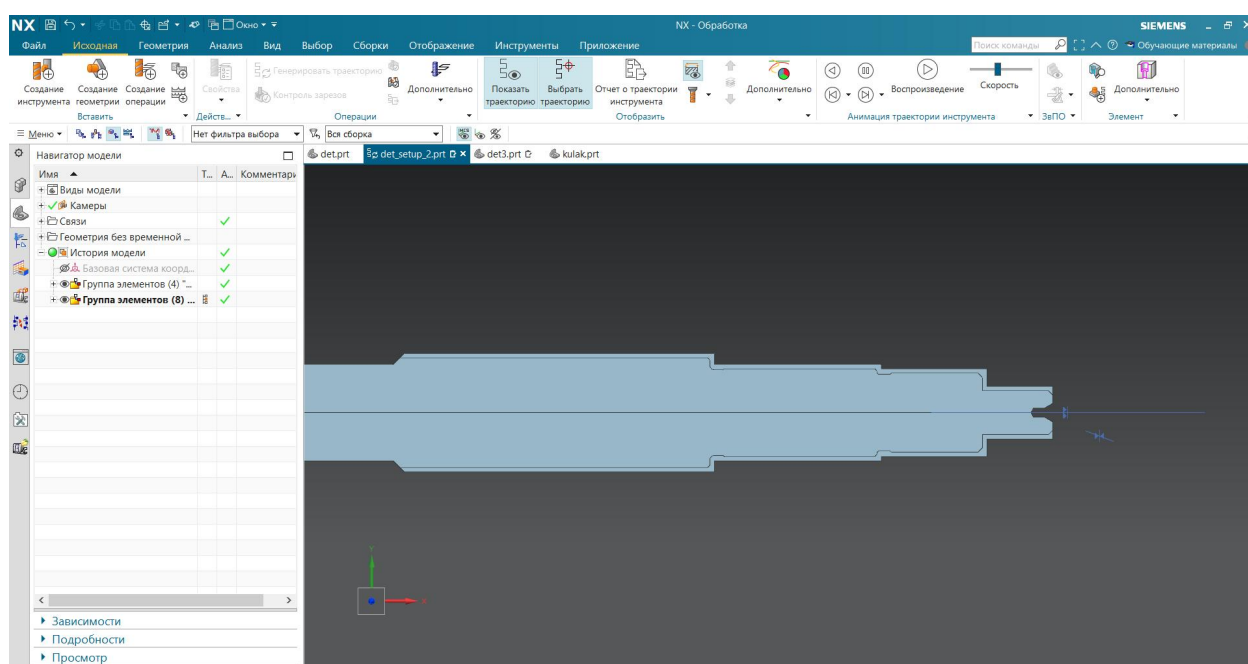


Рисунок 1.13 – Токарний переріз

Задаємо розташування точки початку руху інструментів (рис. 1.14).

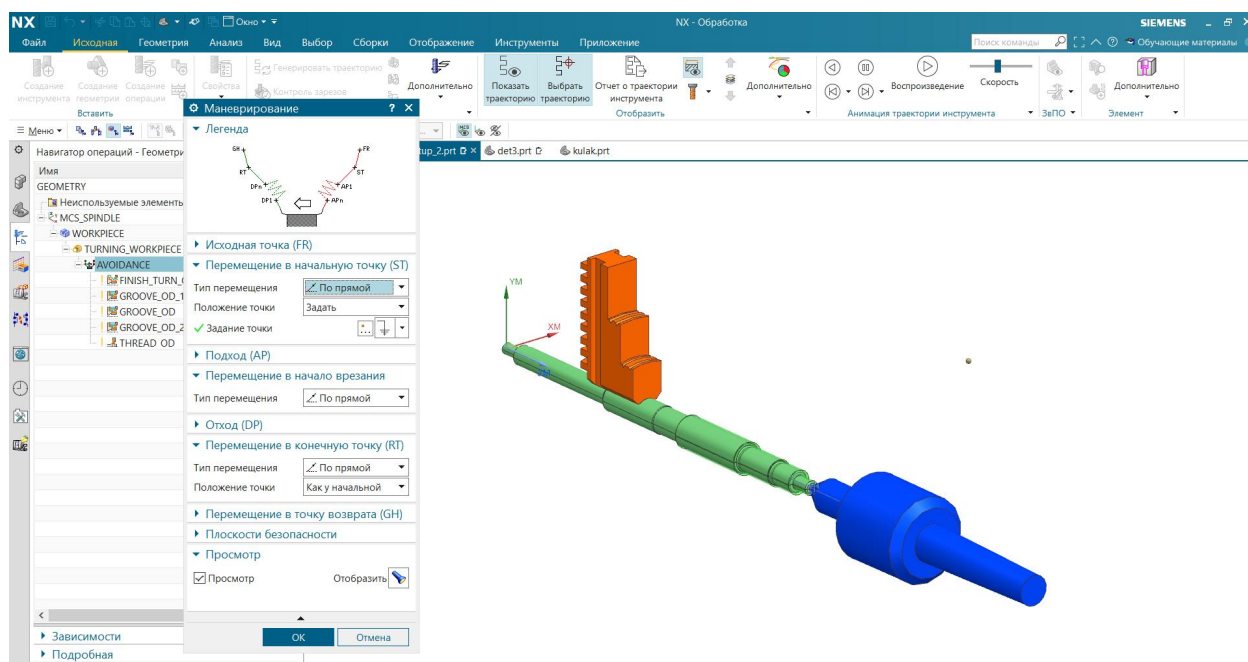


Рисунок 1.14 – Початкова точка руху інструменту

Створюємо перший перехід – точіння зовні (рис. 1.15, 1.16).

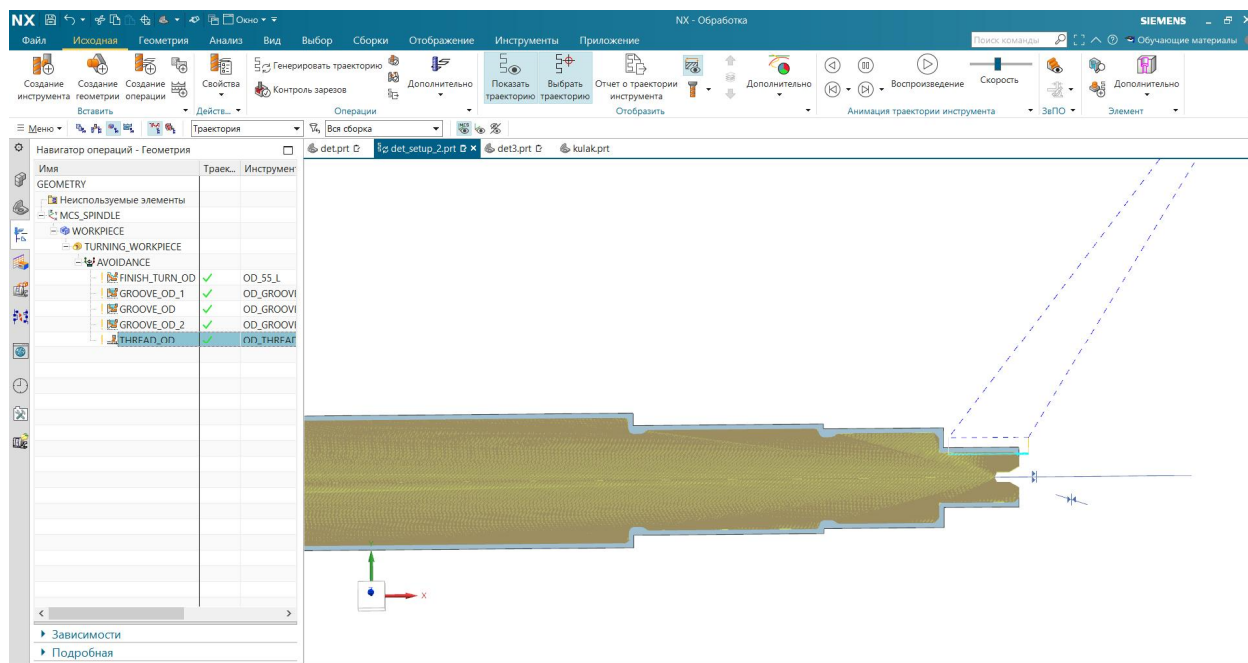


Рисунок 1.15 – Траектория обработки

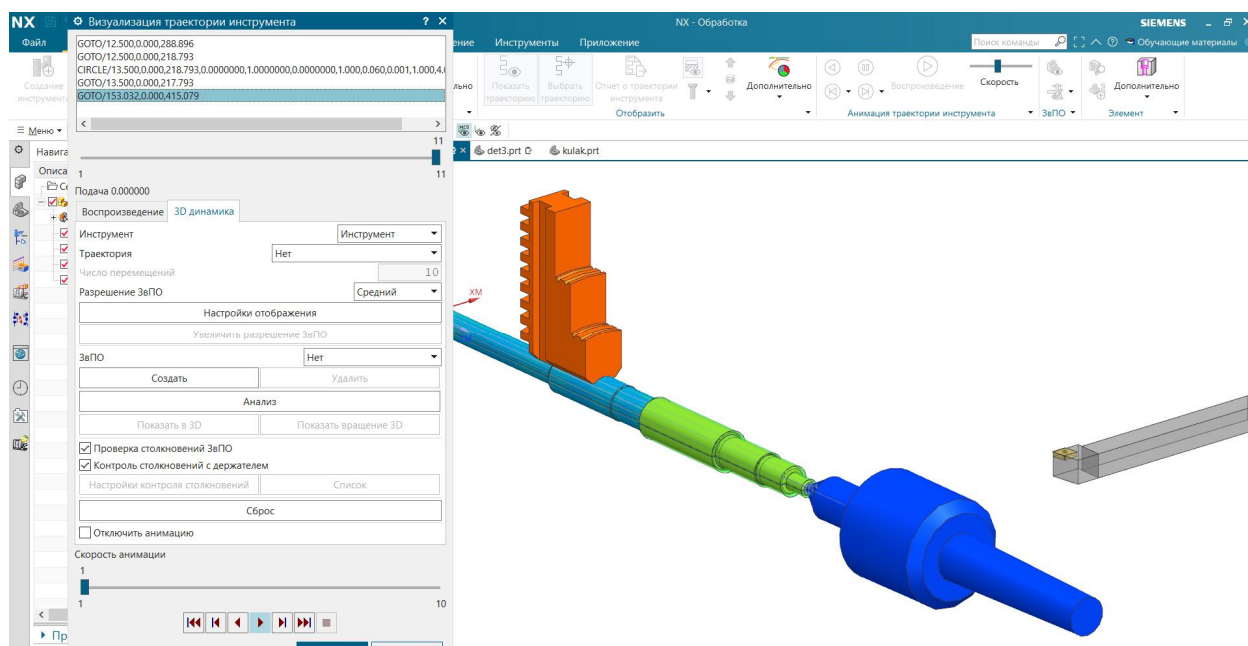


Рисунок 1.16 – Схема обработки

Створюємо другий перехід – точіння канавок. Траєкторія приведена на рис. 1.17, 1.18.

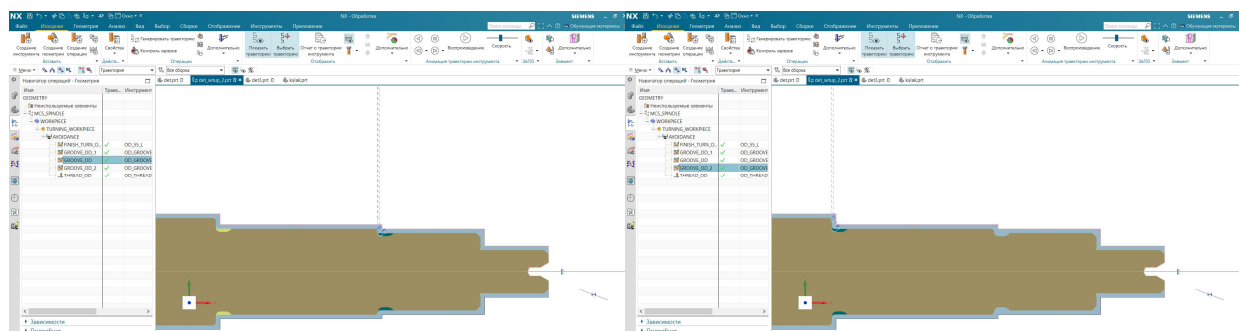


Рисунок 1.17 – Траєкторія обработки

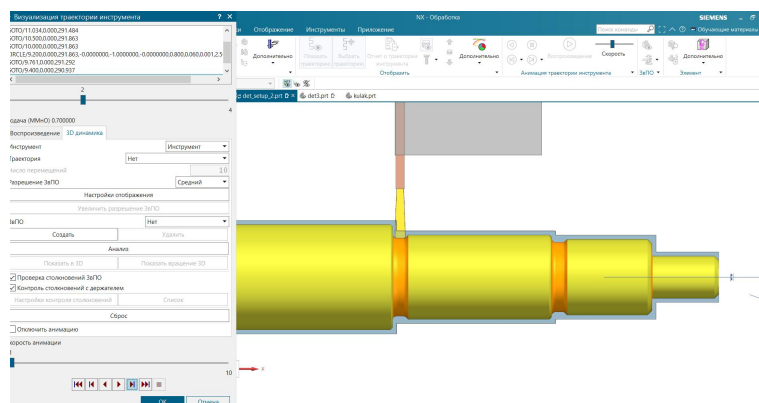


Рисунок 1.18 –Схема обработки

Створюємо перехідточіння різьби. Генерація траєкторії цього переходу приведено на рис. 1.19, 1.20.

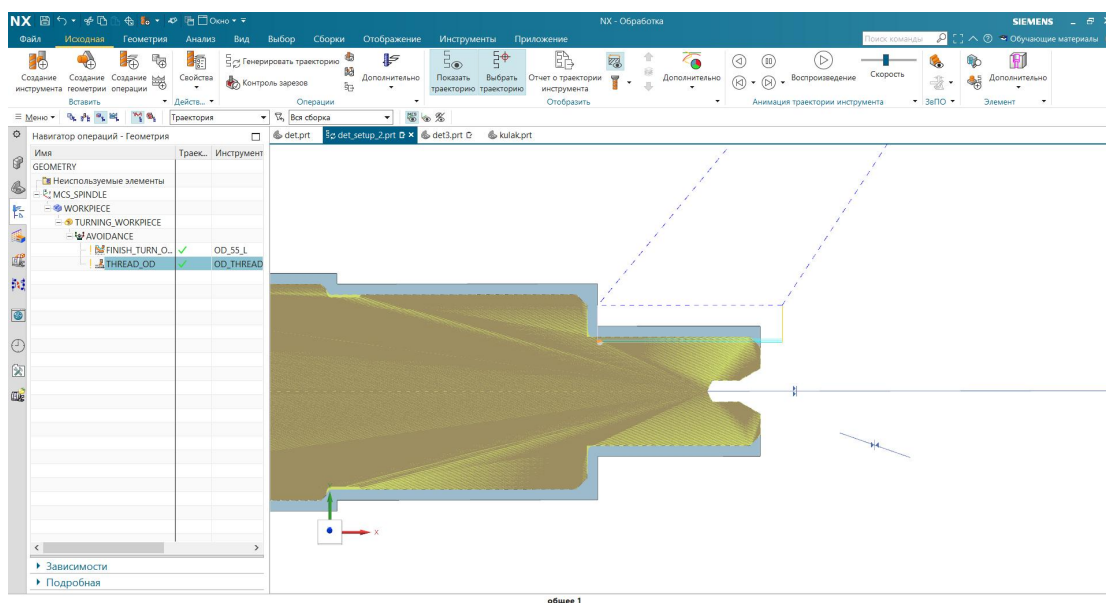


Рисунок 1.19 – Траєкторія обробки

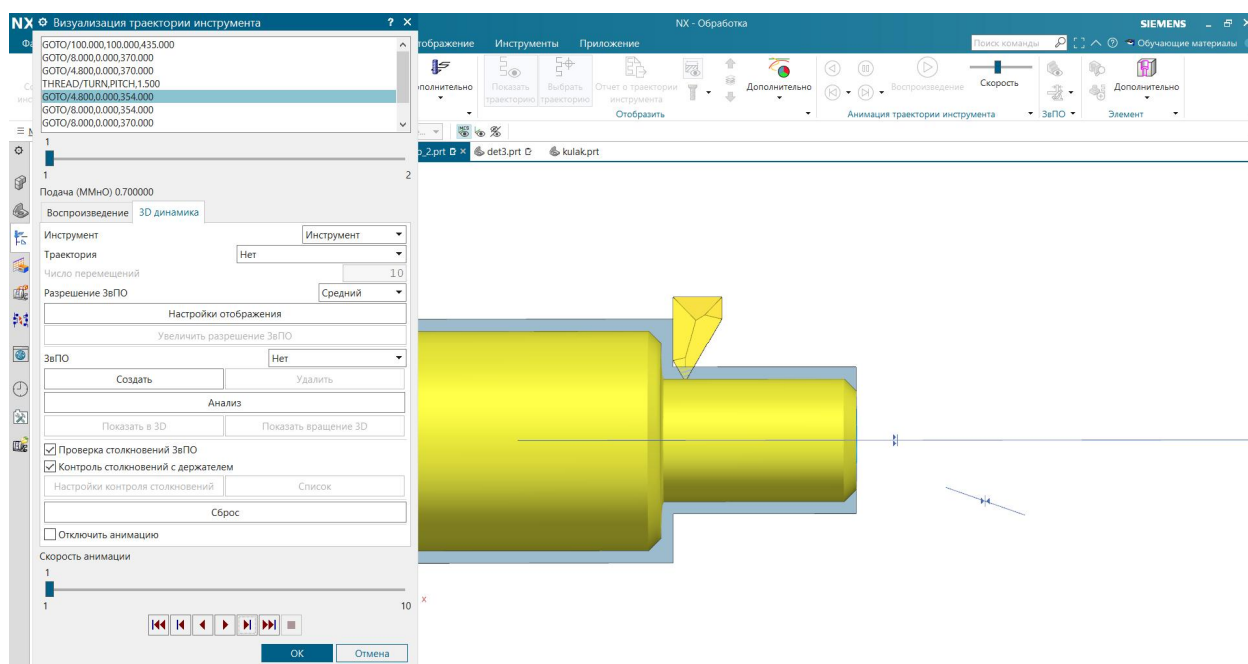


Рисунок 1.20 – Схема обробки

Послідовність розробки КПтокарної операції в модулі Siemens.NX наведено в графічній частині дипломного проекту.

1.8.2 Операція 050 – фрезерна

Для фрезерної операції №055 керуючу програму (КП) розробимо за допомогою програми Siemens.NX. 3Dмоделі показано на рис. 1.21, 1.22.



Рисунок 1.21 – 3Dмодель деталі

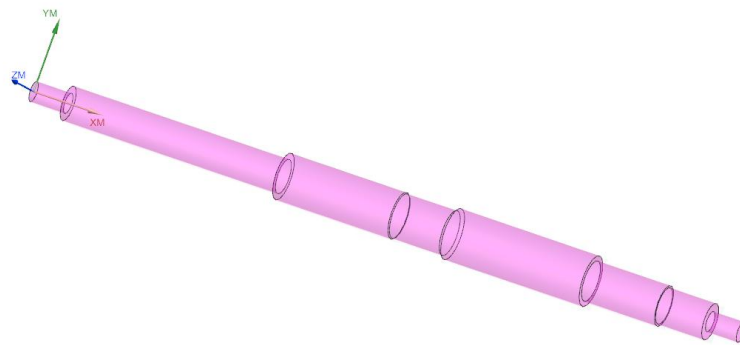


Рисунок 1.22 – 3Dмодель заготовки

Створюємо робочу геометрію, контрольну геометрію(рис. 1.23).

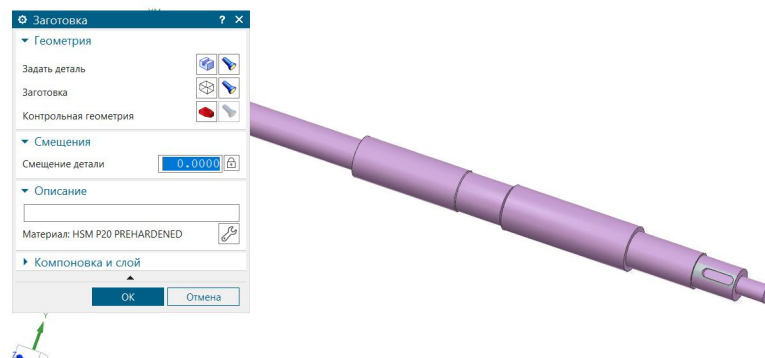


Рисунок 1.23 – Визначення робочої геометрії

Розроблюємо перший перехід – фрезерування шпоночного пазу (рис. 1.24). Візуалізація обробки показано на рис. 1.25.

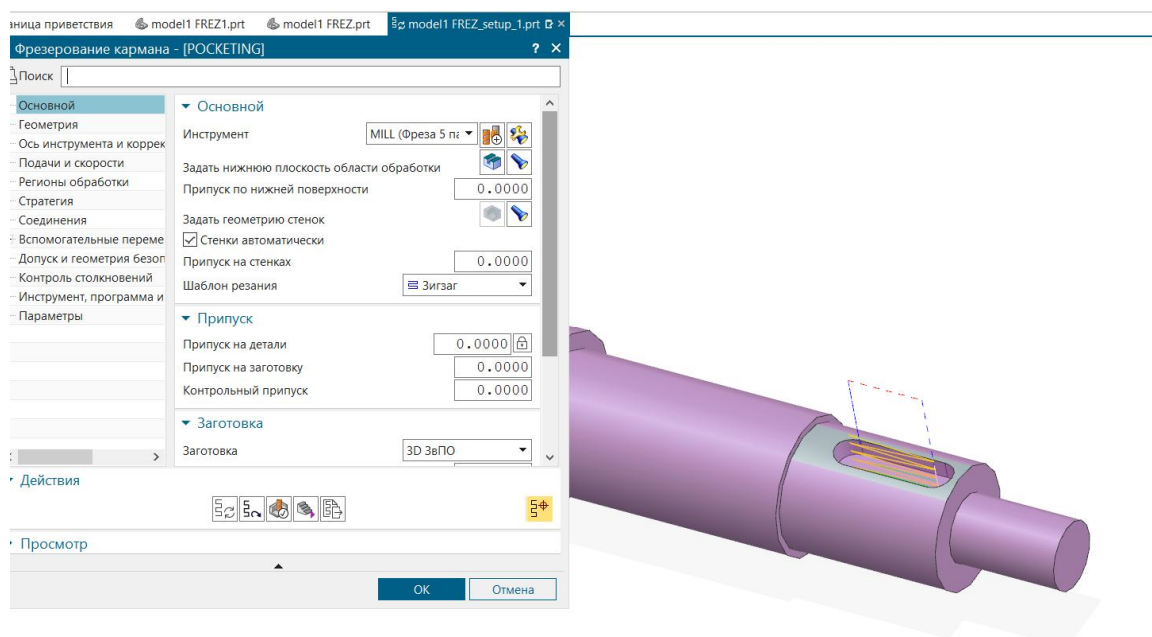


Рисунок 1.24 – Траектория обработки

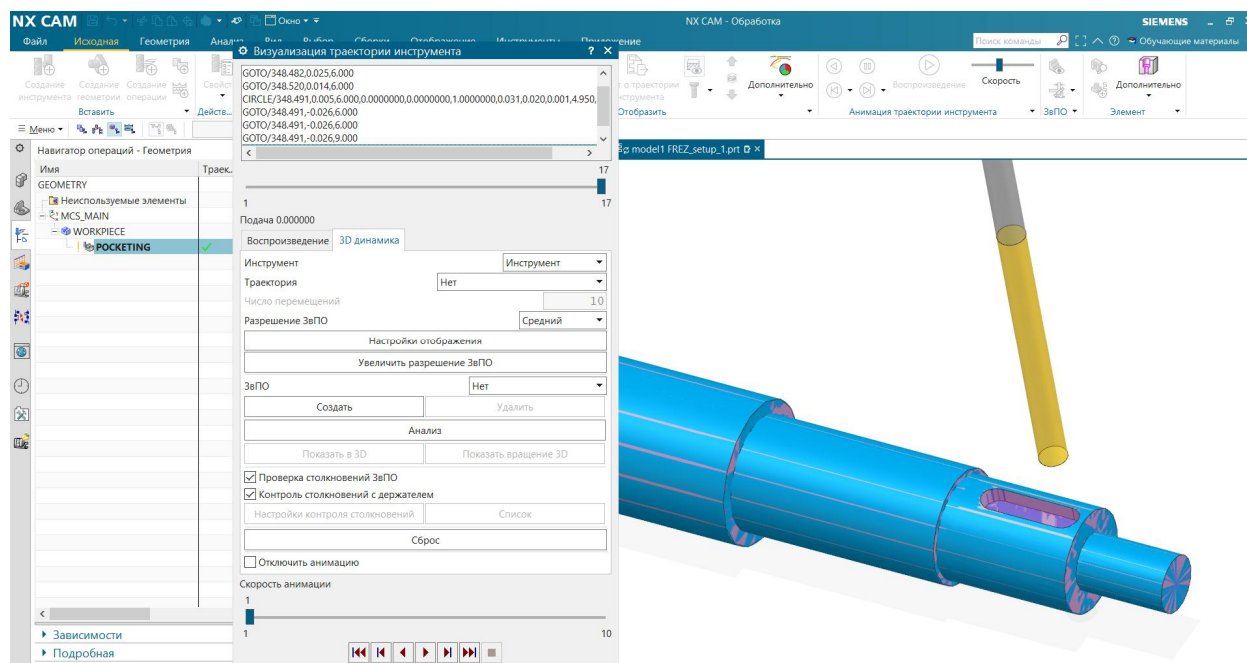


Рисунок 1.25 – Схема обработки

1.8.3 Операція 055 – свердлильна

Для свердлильної операції №055 керуючу програму (КП) розробимо за допомогою програми Siemens.NX. 3Dмодель деталі приведено на рис. 1.26

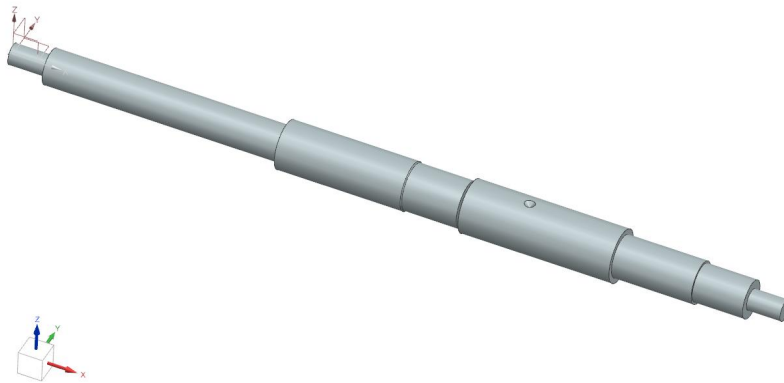


Рисунок 1.26 – 3Dмодель деталі

Визначаємо робочу геометрію, контрольну геометрію(рис. 1.27).

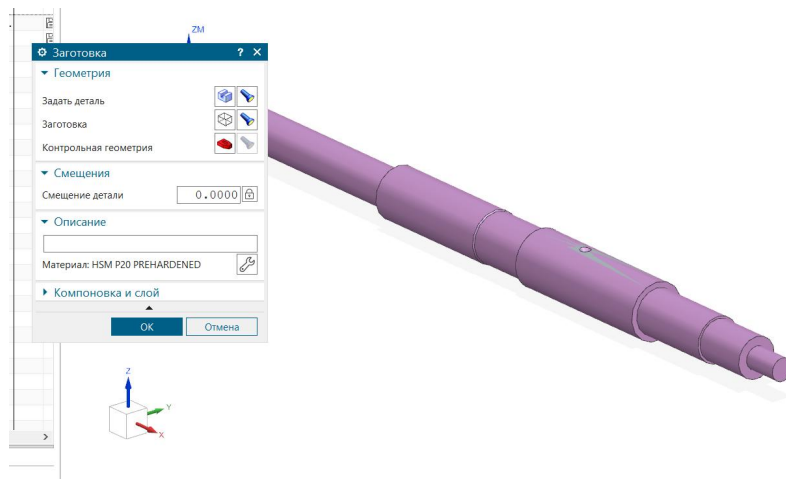


Рисунок 1.27 – Визначення робочої геометрії

Розроблюємо перший перехід – свердління верхнього отвору (рис. 1.28, 1.29).

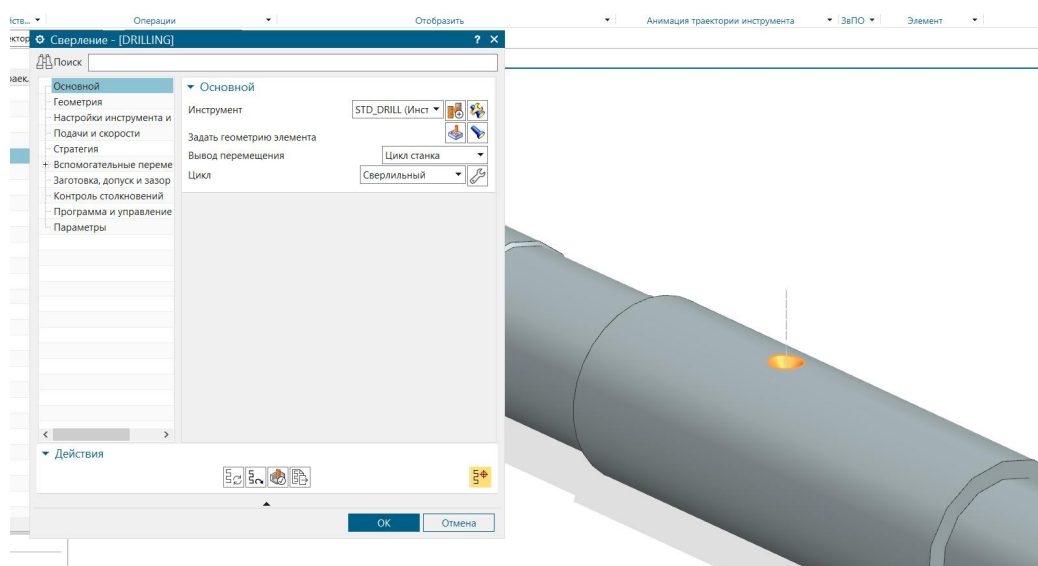


Рисунок 1.28 – Траектория обработки

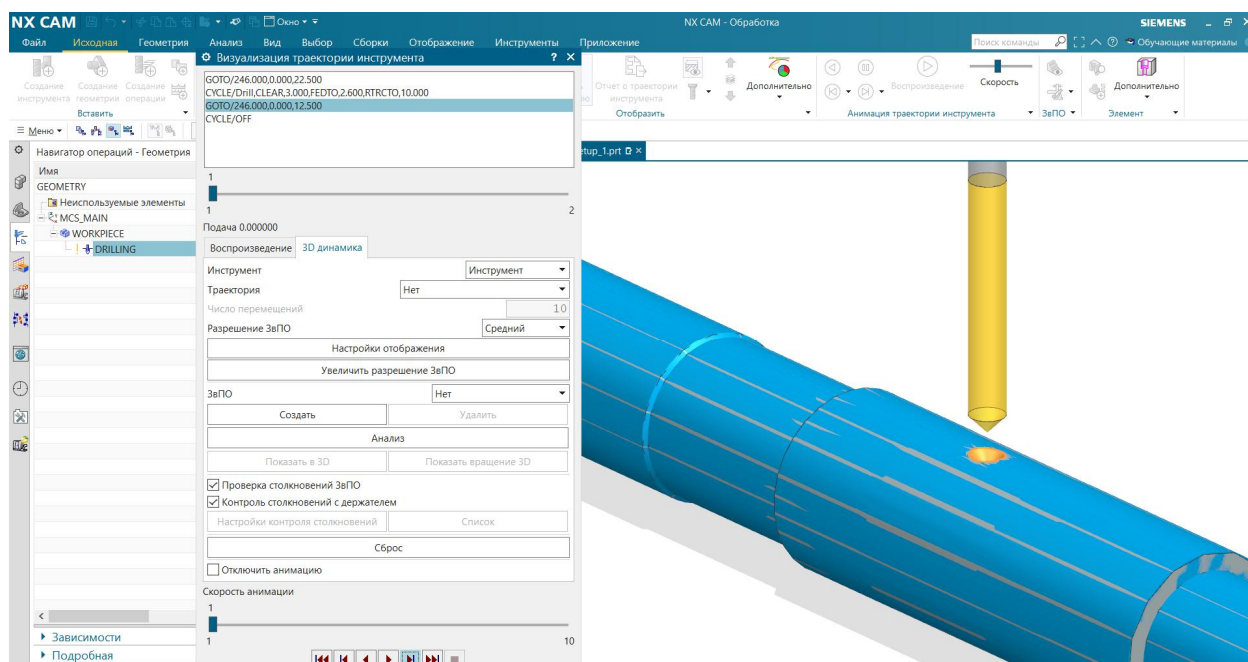


Рисунок 1.29 – Схема обработки

Створюємо наступний перехід – свердління нижнього отвору. Траектория приведена на рис. 1.30, 1.31.

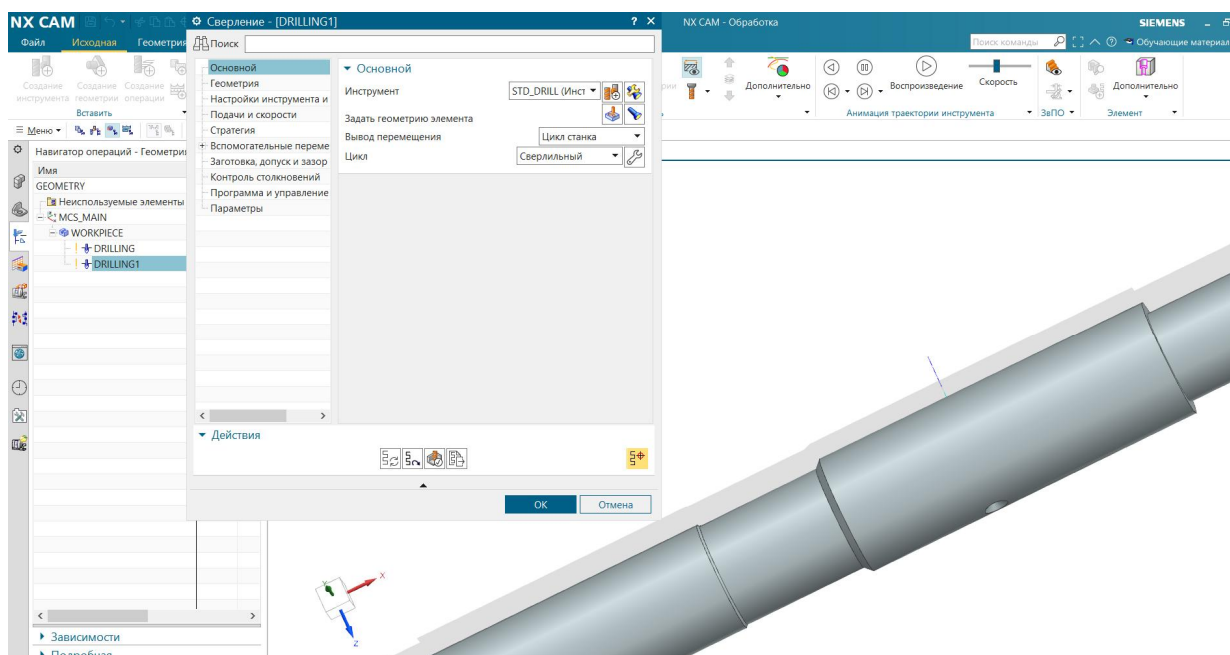


Рисунок 1.30 – Траектория обработки

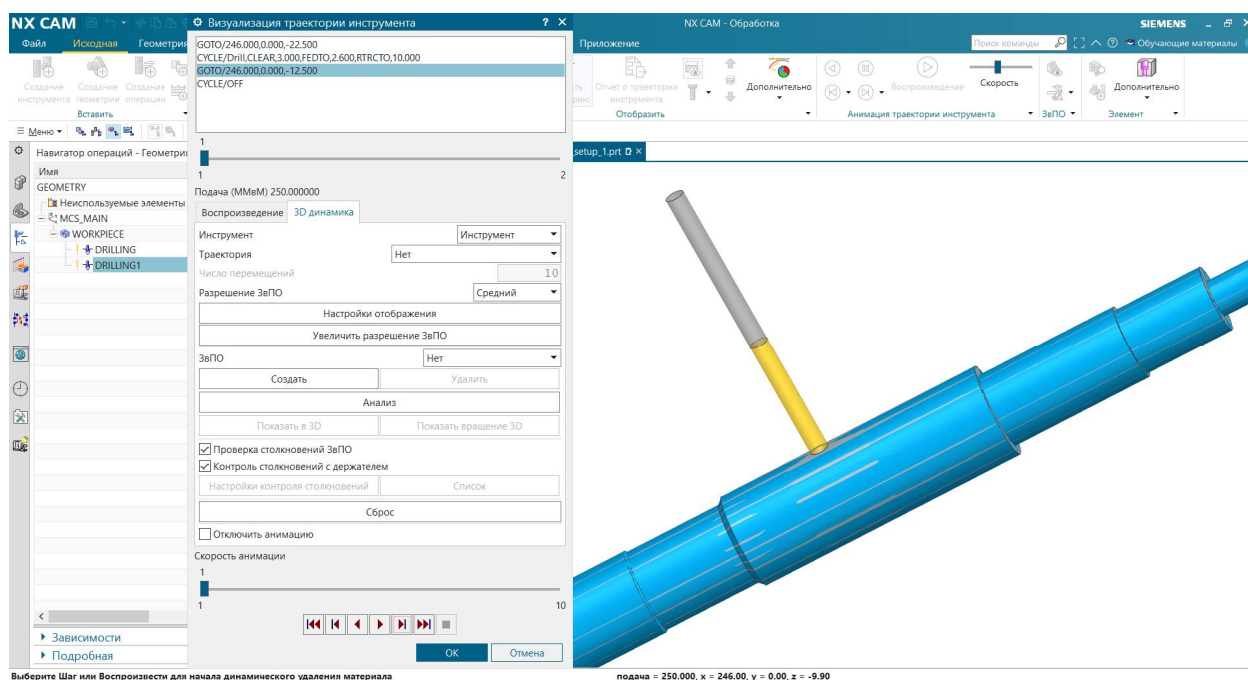


Рисунок 1.31 – Схема обработки

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція та принцип роботи пристосування

Пристосування (рис. 2.1) призначено утримання деталі під час фрезерування пазу. Пристосування складається з корпусу 1, який встановлений на платформі 10. На пристосування розміщені дві призми 24, 12 для встановлення деталі. Також на пристосуванні мається установ 15 для виставляння фрези під час обробки. Після встановлення деталі на призми 24, 12 в гідроциліндр подається рідина під тиском. Шток 4 рухається вниз та тягне ричаг 6, який притискає деталь. Після обробки тиск повітря прибирають та ричаг 6 звільняє деталь.

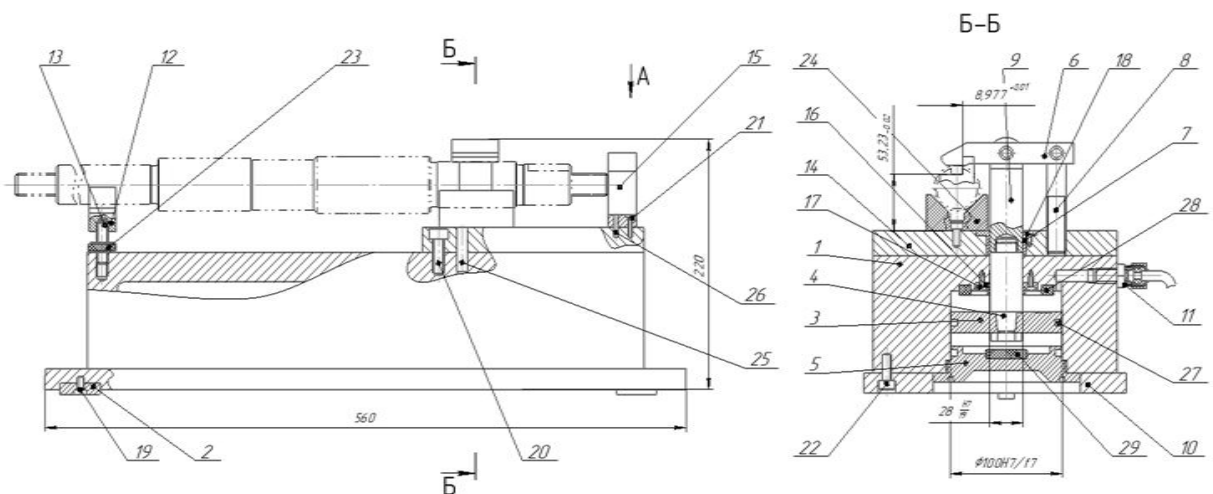


Рисунок 2.1 – Пристосування для фрезерування пазу

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

Похибку встановлення розрахуємо за формулою:

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

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

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

Похибку базування визначимо зі схеми встановлення деталі (рис. 2.2).
Деталь встановлюється по $\varnothing 20,24_{-0,084}$ на призму з кутом 90° .

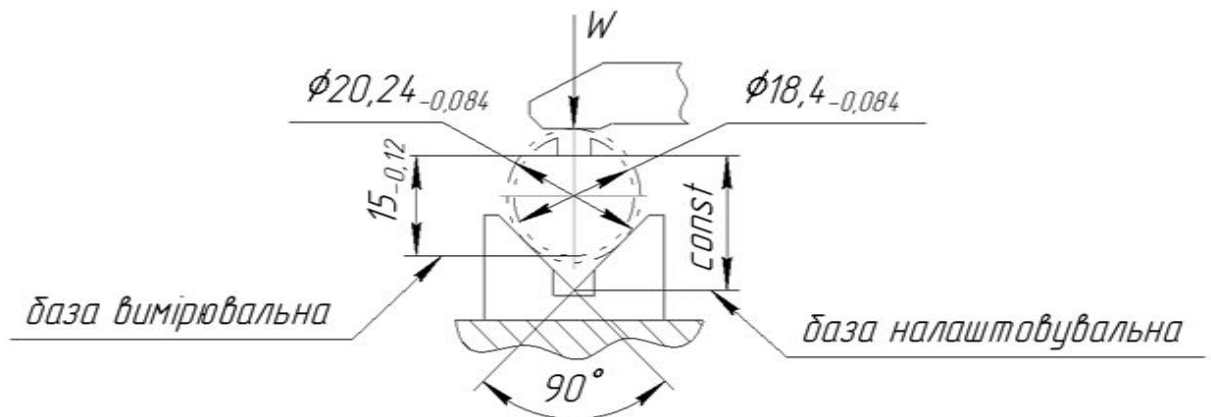


Рисунок 2.2 – Схема установки у призму

Похибка базування розраховується за формулою:

$$\varepsilon_{\text{баз}} = K_1 \cdot Td + \frac{TD}{2} \quad (2.2)$$

де Td – допуск на діаметр базування $\varnothing 20,24_{-0,084}$;

TD – допуск на діаметр базування $\varnothing 18,4_{-0,084}$;

$K_1=0,21$ – коефіцієнт, що характеризує тип базування.

$$\varepsilon_{\text{баз}} = 0,21 \cdot 0,084 + \frac{0,084}{2} = 0,059 \text{ мм}$$

Для закріплення деталі на призмі похибка становить 0,035 мм[10].

Похибка встановлення згідно формули (2.1):

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{0,059^2 + 0,035^2} = 0,068 \text{ мм}$$

Розрахуємо пристосування на точність, для цього визначимо виконавчі розміри установка.

Визначимо номінальні розміри установка у вертикальній площині згідно схеми (рис. 2.3).

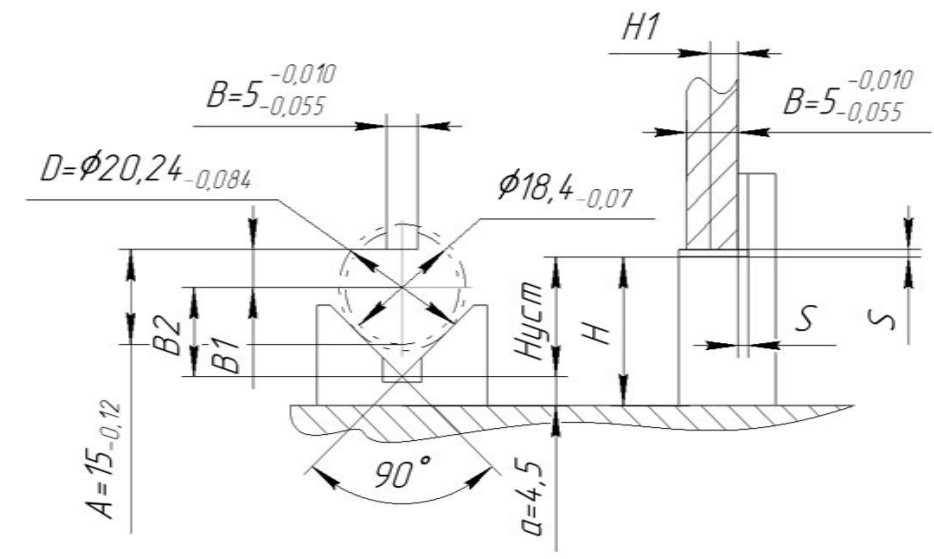


Рисунок 2.3 – Схема розрахунку розміру установка

$$A_{\text{cp}} = A - \frac{TA}{2} = 15 - \frac{0,12}{2} = 14,94 \text{ мм}; \quad (2.3)$$

$$D_{\text{cp}} = D - \frac{TD}{2} = 20,24 - \frac{0,084}{2} = 20,198 \text{ мм}; \quad (2.4)$$

$$D_{\text{cp}} = D - \frac{TD}{2} = 18,4 - \frac{0,084}{2} = 18,358 \text{ мм}; \quad (2.5)$$

$$R_{\text{cp1}} = \frac{D_{\text{cp}}}{2} = \frac{20,198}{2} = 10,099 \text{ мм}; \quad (2.6)$$

$$R_{\text{cp2}} = \frac{D_{\text{cp}}}{2} = \frac{18,358}{2} = 9,179 \text{ мм}; \quad (2.7)$$

$$B_{2\text{cp}} = \frac{R_{\text{cp1}}}{\sin 45} = \frac{10,099}{0,707} = 14,28 \text{ мм}; \quad (2.8)$$

$$TB_{1\text{cp}} = \pm \frac{TD}{2\sin 45} = \pm \frac{0,084}{2\sin 45} = \pm 0,06 \text{ мм}; \quad (2.9)$$

$$B_{1cp} = A_{cp} - R_{cp2} = 14,94 - 9,179 = 5,671 \text{ мм}; \quad (2.10)$$

$$TB_{1cp} = TA - TR = TA - \frac{TD}{2} = 0,13 - \frac{0,084}{2} = 0,088 \text{ мм} \rightarrow \pm 0,04 \text{ мм}; \quad (2.11)$$

$$S_{cp} = S - \frac{TS}{2} = 3 - \frac{0,006}{2} = 2,997 \text{ мм}; \quad (2.12)$$

$$H_{уст} = B_{1cp} + B_{2cp} - S_{cp} = 5,671 + 14,28 - 2,997 = 16,95 \text{ мм}. \quad (2.13)$$

Допуск установу визначаємо згідно формули:

$$TH_{уст} \leq TA - (K_1 \cdot \varepsilon_{баз} + \varepsilon_{зак} + K_2 \cdot w) \quad (2.14)$$

де TA – допуск на розмір обробки;

$K_1=0,8..0,85$ – коефіцієнт, що враховує реальну похибку базування;

$K_2=0,6..0,65$ – коефіцієнт, що враховує частку середньої економічної точності обробки та який залежить від конструкції пристосування;

$w=0,016\text{мм}$ – середня економічна точність обробки.

$$TH_{уст} \leq 0,12 - (0,8 \cdot 0,059 + 0,035 + 0,6 \cdot 0,016) = 0,02 \text{ мм}$$

Перевірка:

$$TH = 0,02 \leq \left(\frac{1}{4} \dots \frac{1}{3}\right) \cdot TA = \frac{1}{3} \cdot 0,12 = 0,043 \text{ мм} \quad (2.15)$$

Виконавчий розмір установка:

$$H = H_{уст} + a = 16,95 + 4,5 = 21,45 \text{ мм} \quad (2.16)$$

де $a=15\text{мм}$ – відстань до основи призми (знаходиться графічно).

$$\frac{B_{cp}}{2} = \frac{\left(B - EJ + \frac{EJ - ES}{2}\right)}{2} = \frac{\left(5 - 0,055 + \frac{0,055 - 0,010}{2}\right)}{2} = 2,488 \text{ мм} \quad (2.17)$$

$$H_1 = \frac{B_{cp}}{2} + S_{cp} = 2,488 + 2,997 = 5,485 \text{ мм} \quad (2.18)$$

де $S = 3_{-0,006}$ мм- товщина щупа.

B – ширина пазу.

$$TH_{уст} \leq T_{ТВ} - k \cdot \omega \quad (2.19)$$

де $T_{ТВ}$ – технічні вимоги до похибки розміщення пазу;

$k=0,6$ – коефіцієнт, що враховує реальну похибку базування;

$\omega=0,03$ мм – середня економічна точність обробки.

$$TH_{уст} = 0,03 - 0,6 \cdot 0,03 = 0,012 \Rightarrow 0,01 \text{ мм}$$

Перевірка:

$$TH = 0,01 \leq \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{3}\right) T_{ТВ} = \frac{1}{3} \cdot 0,03 = 0,01 \text{ мм} \quad (2.20)$$

Виконавчий розмір установка: $H=5,485^{+0,01}$

2.1.3 Розрахунок необхідної сили затиску. Вибір приводу

Визначимо силу різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}; \quad (2.21)$$

де $x=0,86$; $y=0,72$; $q=0,86$; $w=0$; $n=1$; $C_p=68,2$ – коефіцієнти [8].

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

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750}\right)^{0,3}; \quad (2.22)$$

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

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 3^{0,86} \cdot 0,022^{0,72} \cdot 5^1 \cdot 2}{5^{0,86} \cdot 1000^0} \cdot 0,95 = 267,3 \text{ H}$$

Згідно схеми (рис. 2.4) [11] визначимо всі моменти та сили, що діють в закріпленні:

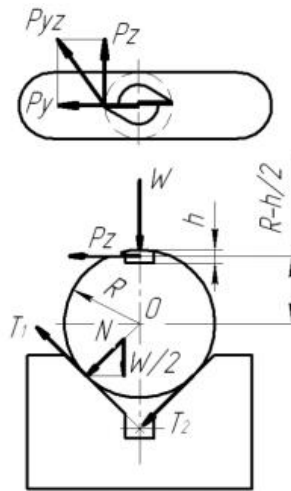


Рисунок 2.4 – Схема до визначення сили закріплення [11]

$$k \sum M_{\text{хакт}} + \sum M_{\text{хпр}} = 0; \quad (2.23)$$

$$k \cdot \gamma \cdot P_{zy} \cdot \left(R - \frac{h}{2} \right) - 2 \cdot T \cdot R = 0; \quad (2.24)$$

$$T = T_1 = T_2; \quad (2.25)$$

$$T = f \cdot N; \quad (2.26)$$

$$N = \frac{W}{2 \sin(\alpha/2)}; \quad (2.27)$$

$$k \cdot \gamma \cdot P_{zy} \cdot \left(R - \frac{h}{2} \right) = f \cdot \frac{W}{\sin(\alpha/2)} \cdot R; \quad (2.28)$$

$$P_{zy} = 1,2 \cdot P_z \quad (2.29)$$

Сила закріплення:

$$W = \frac{1,2 \cdot k \cdot P_z \cdot \left(R - \frac{h}{2} \right) \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{f \cdot R}; \quad (2.30)$$

де $f=0,15$ – коефіцієнт тертя;

k – коефіцієнт запасу закріплення.

Коефіцієнт запасу закріплення:

$$k=k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6; \quad (2.31)$$

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

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

$k_2=1,7$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструменту.

$k_3=1,2$ – коефіцієнт, що враховує переривчастість різання;

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

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

$k_6=1$ – коефіцієнт невизначеності положення місць контакту.

$$k=1,5 \cdot 1 \cdot 1,7 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 3,06$$

Сила закріплення згідно формули (2.30):

$$W = \frac{267,3 \cdot 1,2 \cdot 3,06 \cdot \left(0,01012 - \frac{0,003}{2}\right) \sin(90/2)}{0,15 \cdot 0,01012} = 3931,7 \text{ Н}$$

Визначимо силу на штоці, для чого розгляне кінетичну схему пристосування (рис. 2.5) [11]:

$$\sum M_o = 0; \quad (2.32)$$

$$W \cdot L - Q \cdot L_1 + F_1 \cdot R_1 + F_2 \cdot R_2 + F_3 \cdot h = 0; \quad (2.33)$$

$$Q(L - L_1) - N \cdot L = 0; \quad (2.34)$$

$$N = \frac{Q(L - L_1)}{L} \quad (2.35)$$

$$F_1 = f \cdot N = f \frac{Q(L-L_1)}{L}; \quad (2.36)$$

$$F_2 = f \cdot Q; \quad (2.37)$$

$$F_3 = f \cdot Q \quad (2.38)$$

$$W \cdot L - Q \cdot L_1 + f \frac{Q(L-L_1)}{L} \cdot R_1 + f \cdot Q \cdot R_2 + f \cdot W \cdot h = 0; \quad (2.39)$$

$$W \cdot L + f \cdot W \cdot h = Q \cdot L_1 - f \frac{Q(L-L_1)}{L} \cdot R_1 - f \cdot Q \cdot R_2; \quad (2.40)$$

$$W(L + f \cdot h) = Q(L_1 - f \frac{Q(L-L_1)}{L} \cdot R_1 - f \cdot R_2); \quad (2.41)$$

Сила на штоку:

$$Q = \frac{W(L+f \cdot h)}{L_1 - f \frac{(L-L_1)}{L} \cdot R_1 - f \cdot R_2} \quad (2.42)$$

$$Q = \frac{3931,7 \cdot (0,043 + 0,15 \cdot 0,0055)}{0,022 - 0,15 \frac{(0,043 - 0,022)}{0,043} \cdot 0,003 - 0,003 \cdot 0,15} = 8085 \text{ H}; \quad (2.43)$$

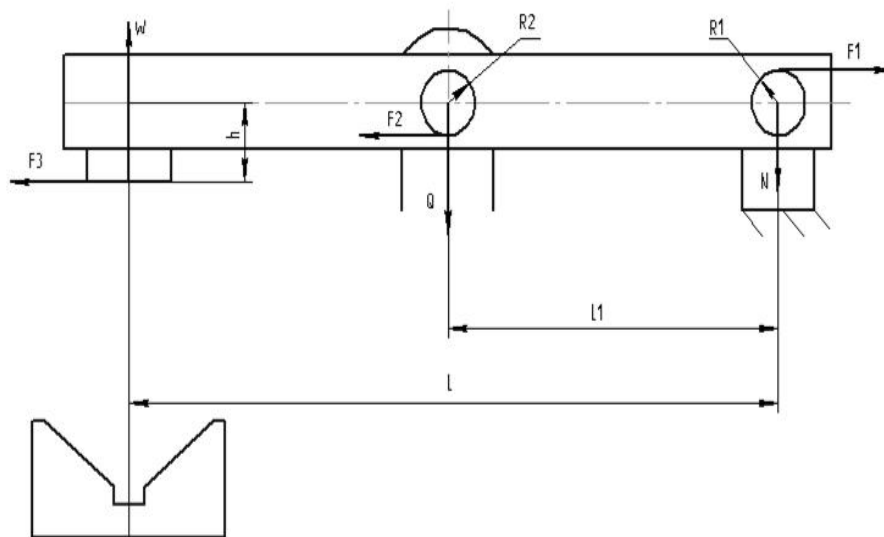


Рисунок 2.5 – Кінематична схема пристосування [11]

Мінімальний діаметр штока:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \alpha \cdot Q}{\pi \cdot [\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 8085}{3,14 \cdot 100}} = 15,2 \rightarrow 16 \text{ мм} \quad (2.45)$$

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

$[\sigma]=175$ МПа – допустима напруга на розтяг для сталі 40Х.

Діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{p \cdot \eta \cdot \pi} + d^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8085}{3,14 \cdot 8 \cdot 0,85} + 16^2} = 42 \rightarrow 50 \text{ мм} \quad (2.44)$$

де $p=5\ldots 10$ МПа – тиск в гідросистемі;

$\eta = 0,85\ldots 0,9$ – ККД, що враховує втрати на тертя.

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Контрольне пристосування (рис. 2.6) складається зі корпусу 5, на якому встановлюється два центри 1, 2 та штанга 3. Контрольне пристосування призначено для контролю радіального биття шийки $\varnothing 23$ рівне $0,01$ мм. Центри 1, 2 мають можливість повздовжнього переміщення та перезакріплення. Штанга має можливість обертатися та змінювати відстань по висоті індикаторного годинника по відношенню до осі деталі. Деталь перед контролем встановлюється в центри 1, 2. Ніжка індикаторного годинника встановлюється на контрольну шийку. Шляхом обертання деталі в центрах 1, 2 по індикаторному годиннику знімають значення биття.

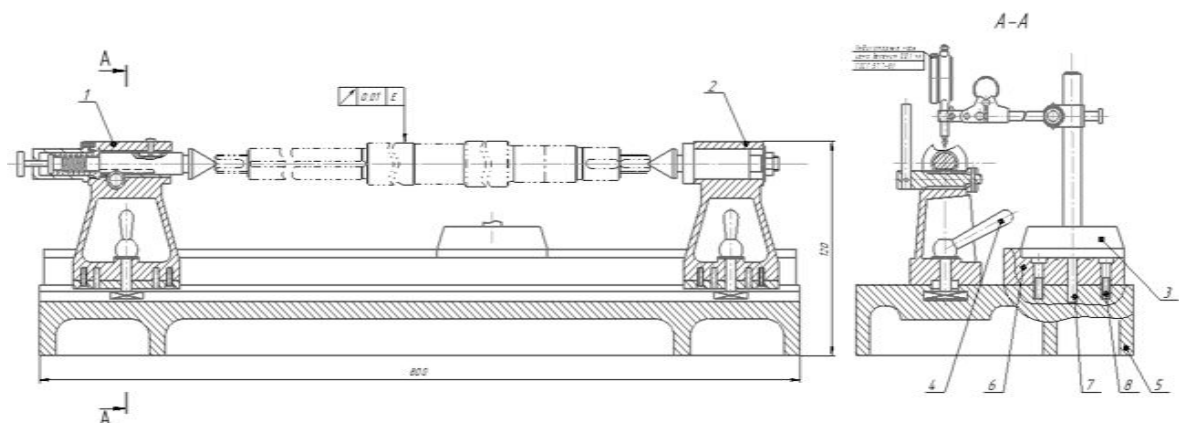


Рисунок 2.6 – Контрольне пристосування

2.2.2 Розрахунок контрольного пристосування на точність

Допустиму сумарну похибку вимірювання визначають за формулою:

$$\varepsilon_{изм} = \varepsilon_{uy} + \varepsilon_{up} + \varepsilon_{um} + \sqrt{\varepsilon_{нб}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{ис}^2 + \varepsilon_{зп}^2 + \varepsilon_{си}^2 + \varepsilon_{др}^2} \quad (2.45)$$

де $\varepsilon_{им}=0$ – похибка, спричинена неточністю зразка. У цьому пристрої еталон не використовується.

$\varepsilon_{нб}=0$ – похибка базування, тому що настроювальна та вимірювальні бази збігаються;

$\varepsilon_{ис}=0$ – похибка закріплення, оскільки схема виміру в пристосуванні не затискається;

$\varepsilon_{иу}=0,0015\text{мм}$ – частка похибки конструкції пристосування;

$\varepsilon_{зп}=0,006\text{мм}$ – похибка, що виникає через зазори між осями важелів передавальних пристроїв за їх наявності;

$\varepsilon_{си}=0,001\text{мм}$ – похибка засобу вимірювання;

$\varepsilon_{др}=0,0015\text{мм}$ – похибка, викликана дією випадкових факторів.

$$\varepsilon_{ип} = \Delta_{рд} + \Delta_{ру} + \Delta_{рн} + \Delta_{рк} + \Delta_{ра} \quad (2.46)$$

$\Delta_{рд}=0$ – похибка від неточності виготовлення довжин плечей важелів;

$\Delta_{ру}=0$ – похибка від неточності виготовлення кута плечей важелів;

$\Delta_{рн}=0$ – похибка від непропорційного переміщення плечей важелів;

$\Delta_{рк}=0$ – похибка від зміщення точки контакту важелів;

$\Delta_{рп}$ – похибка прямої передачі.

$$\varepsilon_{ип} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0,0002 = 0,0002 \text{ мм}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_{uzm} &= 0,0015 + 0,0002 + 0 + \sqrt{0 + 0 + 0 + 0,006^2 + 0,001^2 + 0,0015^2} \\ &= 0,008\text{мм}\end{aligned}$$

$$\varepsilon_{uzm} = 0,008\text{мм} \leq [\varepsilon_{uzm}] = 0,05\text{мм}$$

Умова придатності виконується, пристрій можна використовувати для даної контрольної операції.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ

3.1 Роботизований комплекс

Роботизований комплекс HaasRobotPackage 3 - це комплексне рішення для робототехнічної автоматизації токарного верстата[13, 14, 15]. У цей комплекс входить все необхідне для автоматичного завантаження та вивантаження деталей (робот, огороження тощо), тому можлива автоматична робота після встановлення комплексу за пару годин, а не днів (рис. 3.2).



Рисунок 3.1 – Роботизований комплекс HaasRobotPackage 3

Основні компоненти, що входять до складу HaasRobot Package-3:

- 1) FANUC M-710iC/50 6-координатний роботизований маніпулятор;

- 2) Електричний блок інтерфейсу роботизованого пристрою;
- 3) Захисна огорожа, що відповідає вимогам СЕ;
- 4) Кінцеве захоплення для деталей;
- 5) Пружинний штовхач деталей.

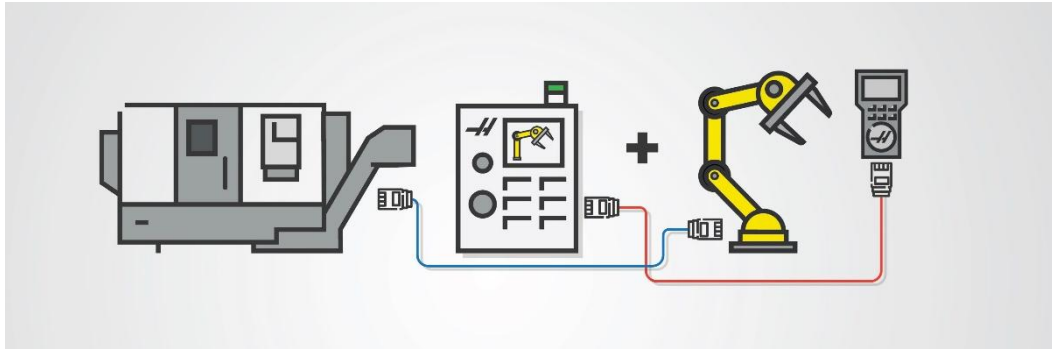


Рисунок 3.2 – Підключення роботизованого комплексу HaasRobotPackage 3

Haas спростила зв'язок між верстатом з ЧПУ та роботом завдяки новому електричному блоку інтерфейсу. Цей блок включає всі з'єднання (крім живлення робота), які необхідно повністю налаштувати для роботизованої автоматизації, в тому числі роз'єми для зв'язку з роботом, захисне блокування огорожі, дистанційні маховички поштовхової подачі і дистанційні кнопки аварійного відключення. Роботизований комплекс HaasRobotPackage можна об'єднати з електричним затискним пристроєм Haas E-Vise або пневматичним затискним пристосуванням із програмованою подачею повітря для повністю автономного навантаження-розвантаження деталей.

Налаштування роботизованого маніпулятора здійснюється безпосередньо за допомогою блоку управління Haas з використанням інтерфейсу роботизованого пристрою Haas, який проводить оператора через усі етапи, необхідні для швидкого програмування рухів робота, використовуючи дистанційний маховичок поштовхової подачі HaasTouch. Давучи відповіді на прості запитання, оператор вводить основну інформацію

або за допомогою позиціонування захоплень деталі та натискання однієї кнопки для реєстрації цього положення, або за допомогою введення базових числових значень. Рухи реєструються, а значення автоматично розраховуються блоком управління – робот готовий до автоматичного завантаження деталей.

Можна створити базову таблицю управління деталями шляхом побудови шаблону моделі сітки, що складається з рівномірних рядків та стовпців. Захоплення автоматичного завантажувача деталей можна налаштувати для різних форм (наприклад, круглих, шестикутних та квадратних) та відрегулювати або змінити їх, щоб вони максимально відповідали параметрам деталей.

Роботизований автоматичний завантажувач деталей працює у фоновому режимі в процесі нормальної експлуатації, повертаючи деталі на стіл-накопичувач та виймаючи нові вихідні частини під час обробки деталей. Внаслідок чого відбувається квазінеперервна механообробка в режимі безлюдної технології.

Легкий у використанні інтерфейс (рис. 3.3) роботизованого пристрою містить прості, покрокові інструкції, щоб допомогти оператору вказати 6-осьовому роботу правильне позиціонування для забору, завантаження і розвантаження деталей.

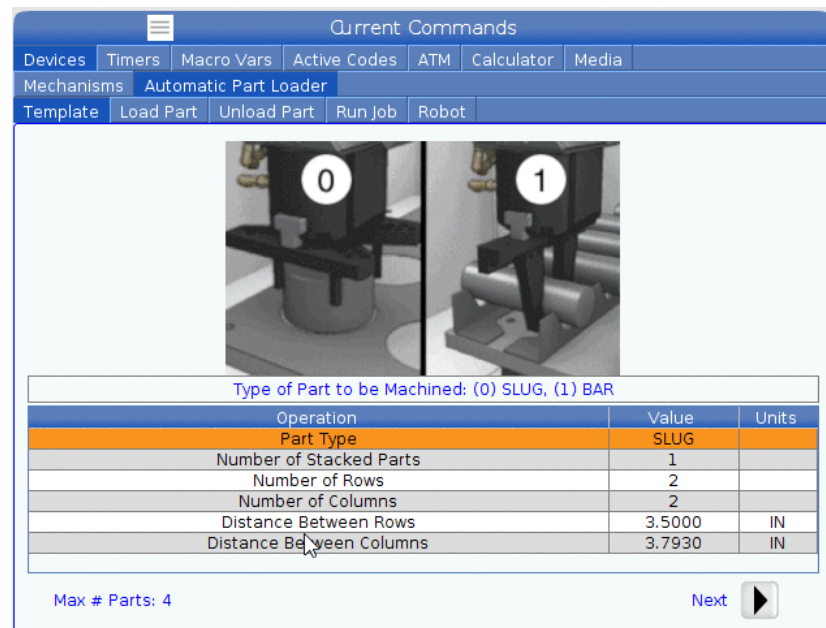


Рисунок 3.3 – Інтерфейс роботизованого пристрою Наас

Управління рухом робота здійснюється безпосередньо за допомогою дистанційного маховичка поштовхової подачі NaasTouch, що забезпечує безпроблемну інтеграцію. Покрокові інструкції та графічні схеми допомагають оператору освоїти процес налаштування:

- 1) Налаштуйте шаблонний зразок деталі – кількість рядків та стовпців;
- 2) Налаштуйте першу деталь у позицію захоплення;
- 3) Задайте лінійну траєкторію, якою буде рухатися роботизований маніпулятор для повернення у вихідну позицію;
- 4) Вкажіть вихідну позицію для роботизованого маніпулятора, в якому він повинен перебувати до завершення обробки;
- 5) Встановіть положення завантаження та розвантаження на кріпленні;
- 6) Встановіть положення вивантаження для першої готової деталі.

Послідовність автоматичного завантажувача деталей була розширена, щоб забезпечити додаткові можливості для робота, які відсутні в інших стандартних автоматичних завантажувачах деталей. Розширені можливості робота включають:

- 1) Переворот деталі;

2) Захоплення та вивантаження з кількох місць (з урахуванням подачі з конвеєра тощо);

3) Завантаження та вивантаження з кількох місць (основний шпindel або контршпindel, кілька тискних пристроїв).

Режим автоматичного завантаження деталей гармонійно поєднує програму обробки деталі, вибрану в пам'яті [MEM], із заданим шаблоном налаштування роботи для автоматизації виробництва запасних частин та збільшення продуктивності.

Для автоматичних завантажувачів деталей і робіт був розроблений новий M-код. Як правило, M299 використовується наприкінці програми обробки деталі.

Якщо програма запускається натисканням [CYCLE START] у режимі пам'яті, M299 працює так само, як і код M30 (Завершення програми та перезавантаження). Але якщо програма запускається при активному режимі автоматичного завантажувача деталей, код M299 дає команду роботизованому завантажувачу деталей завантажити першу деталь зі столу і потім виконати активну програму в пам'яті.

Щоб активувати режим автоматичного завантаження деталей необхідно:

1) Замінити M30 на M299 наприкінці програми обробки деталі (рис. 3.4);

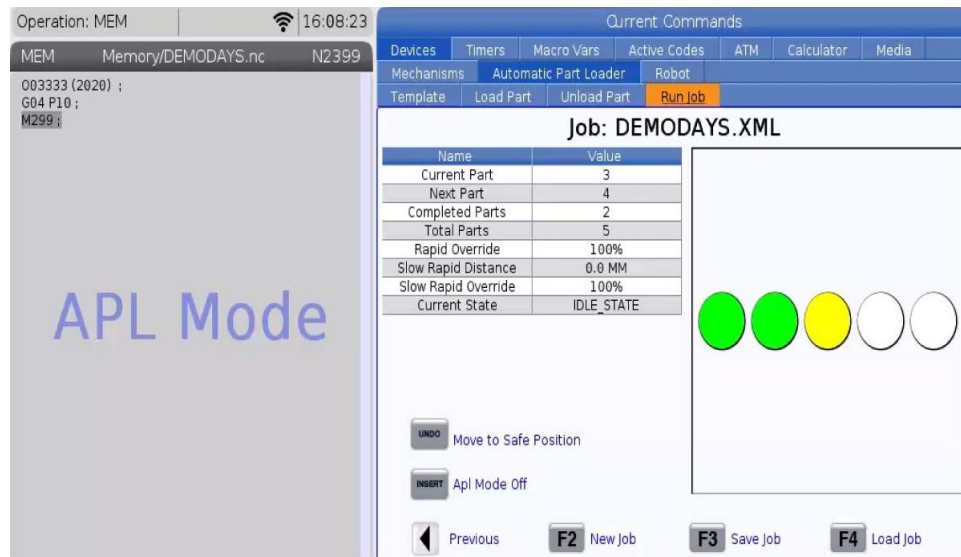


Рисунок 3.4 – Налаштування режиму автоматичного завантаження деталей

2) У вкладці «Виконати завдання» натисніть [INSERT] (вставити), щоб вибрати заданий шаблон налаштування автоматичного завантажувача деталей (завдання) та увімкнення режиму автоматичного завантаження деталей; після цього над позначкою програми з'явиться напівпрозорий напис «APL Mode», що вказує на готовність до роботи

3) Натисніть кнопку «Запуск циклу». При цьому робот завантажить першу деталь і виконає програму обробки деталі, вибрану в пам'яті;

4) У процесі обробки деталі робот вивантажує готову деталь і потім підбирає нову заготовку та розміщує її у задане положення завантаження;

5) Оператор може контролювати статус столу, кількість готових деталей, яка деталь знаходиться в середині верстата, і яка деталь буде наступною на сторінці виконання завдання;

6) Робочий цикл триває до того, поки на столі не будуть перебувати всі готові деталі або їх задана кількість.

4. РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ

4.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі

При роботі валу у складі насоса на нього діє крутний момент рівний Nm зі сторони електродвигуна та крутний момент протилежного напрямлення рівний Nm , який діє в місці встановлення крильчаток. Під дією крутних моментів вал зазнає кручення із згином. Розрахунок валу на міцність проведено за допомогою програмного забезпечення Siemens.NX. Для проведення розрахунку було створено 3Dмодель валу (рис. 2.8).

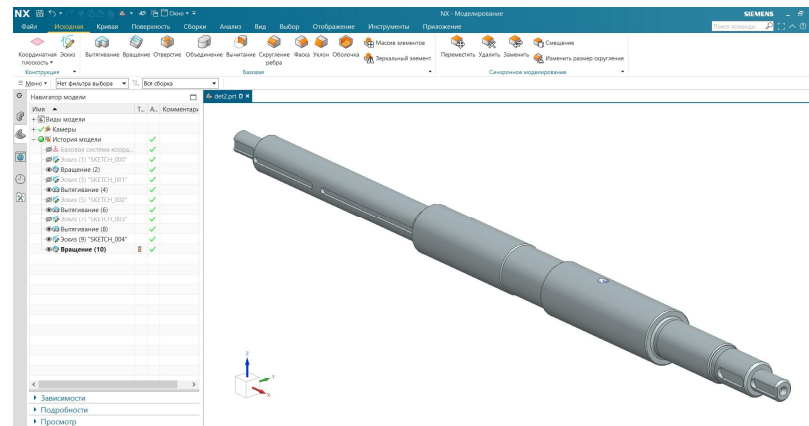


Рисунок 2.8 – 3Dмодель

4.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції

Для виконання розрахунку 3Dмодель валу було розбито на сітку кінцевих елементів (рис. 2.9).

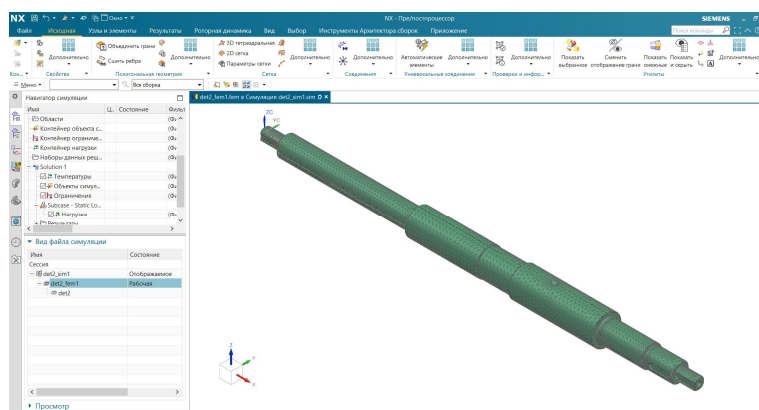


Рисунок 2.9 – Вал розбитий на сітку

В місці встановлення підшипників на валу було встановлення обмеження осьових переміщень (рис. 2.10). А на шийках, на яких встановлена муфта приєднувальна до електродвигуна та крильчатки, був прикладений крутний момент (рис. 2.10).

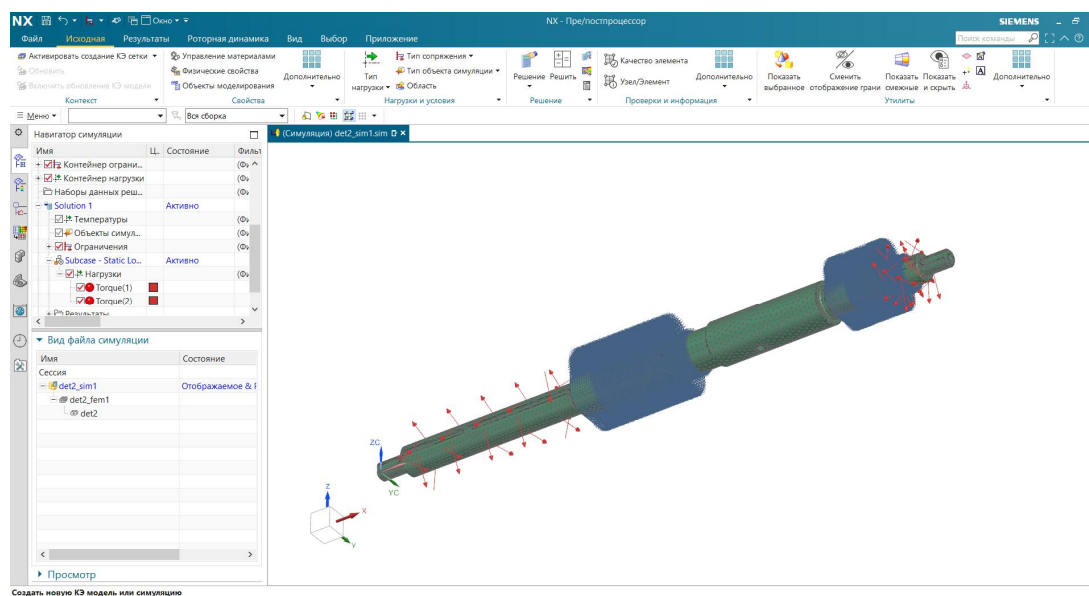


Рисунок 2.10 – Схема прикладення зусиль

Після виконання розрахунку напружено-деформованого стану валу було отримано графічне зображення розподілу напружень (рис. 2.11).

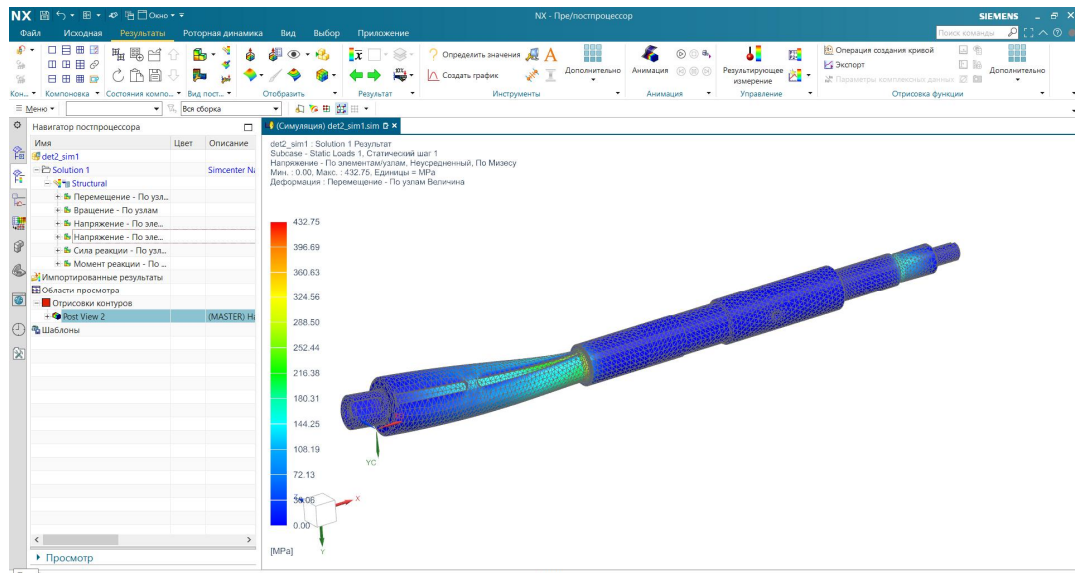


Рисунок 2.11 – Результат розрахунку

4.3 Оптимізація геометрії деталі

Проведенні розрахунки виявили небезпечний переріз, який знаходиться на переході Ø17 мм на Ø23 мм. Максимальне напруження в ньому перерізі дорівнює 432,75 МПа.

Виконаємо для цього перерізу перевірку запасу міцності. Коефіцієнт запасу міцності по напруженням визначається за наступною формулою:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{\max}} \quad (2.45)$$

де $[\sigma]$ = 835 МПа – допустиме значення границі плинності для сталі 14X17H2;

$\sigma_{\max}$ – максимальне напруження.

$$k = \frac{835}{432,75} = 1,92$$

Проведена перевірка виявила більше ніж 1,9 рази запас міцності валу. Тому конструкцію деталі ті її розміри можна вважати прийнятими.

5 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ. УДОСКОНАЛЕННЯ БАЛАНСУВАННЯ ВУЗЛУ

Деталь «Вал» входить у вузол «Насон Н09», який забезпечує постійне циркулювання охолоджуваної рідини в системі. На посадкових шийках валу встановлюється декілька крильчаток, підшипники, а на діаметрі 26 мм встановлюється муфта для з'єднання з електродвигуном. Під час роботи вал обертається з великою частотою – 3000 об/хв. Для того щоб в процесі роботи, через вібрації, вирвані дисбалансом валу в поєднанні з крильчатками, не відбувалось підвищеного зношення підшипників, ущільнюючих манжет та шийок, вал балансують. Базова технологія балансування передбачає ручне статичне балансування (рис. 5.1), яке має високу трудоемність і вимагає від робітника особливих навичок.

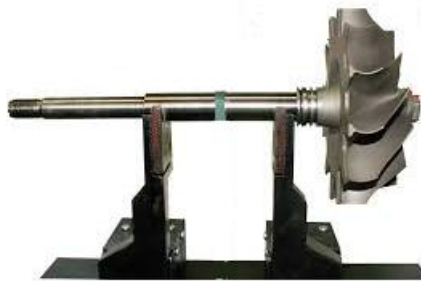


Рисунок 5.1 – Статичне балансування

5.1 Аналіз літературних джерел.

Балансувальний верстат(рис. 5.2) по суті є вимірювачами коливань механічної системи, за характеристиками яких судять про неврівноваженість валу [16]. Деякі верстати можуть мати вбудовані пристрої для коригування

мас валу. При серійному та масовому виробництві операції визначення та зменшення дисбалансів можуть поєднуватися, тобто. вимірювання дисбалансіввала та коригування його мас проводяться одночасно.



Рисунок 5.2 – Балансування на верстаті

За характером режиму роботи та конструктивним виконанням розрізняють балансувальні верстати дорезонансного, резонансного та зарезонансного типу.

У дорезонансного балансувального верстата частота обертання при балансуванні нижче найменшої власної частоти коливань системи, що складається з валу, що балансується, і паразитної маси, яка включає в себе частину маси верстата, що бере участь в коливаннях при збудженні їх невідновженими силами.

У резонансного балансувального верстата частота обертання при режимі балансування, що встановилася, дорівнює власній частоті коливань системи, що складається з вала і паразитної маси. Сюди відносять і верстати

з балансуванням при проході через резонансний режим. Верстати з проходом через резонанс є найпростішими, мають простий привід і допускають замір амплітуд коливань простими приладами, але мають невизначені характеристики при проході через резонансний режим, що знижує точність балансування. Верстати з роботою на резонансному режимі чутливіші, але вимагають застосування складного приводу, щоб суворо підтримувати цей режим.

У зарезонансному балансувальному верстаті при балансуванні забезпечується частота обертання ротора вище за найбільшу власну частоту коливань роторної системи разом з паразитною масою. Верстати цього типу, як і дорезонансні, не мають проблем у підтримці сталого руху та мають прості приводи. Однак малі значення амплітуд коливань у зарезонансному режимі вимагають застосування високочутливих приладів для вимірювання амплітуд.

Механічні системи балансувальних верстатів класифікують за кількістю ступенів свободи ротора, а також за ступенем свободи осі ротора разом з рухомою частиною верстата.

У класифікації за ступенем свободи ротора механічні системи розподілені за семи класами (рис. 5.3). Номер класу (римська цифра) відповідає числу ступенів волі жорсткого ротора. Крім того, введено додаткову ознаку поділу механічних систем на дві групи: літерою А позначені верстати, що мають раму, на якій розміщені опори ротора, а літерою Б - верстати з окремими опорами, встановленими на нерухомій підставі. Цей підрозділ характеризує як конструктивні особливості системи, а й особливості балансувального процесу, оскільки у верстатах групи А вибір точок для вимірювання коливань менш обмежений, ніж у групі Б.

Системи класів IVБ, VA, VIA та VIБ промислового застосування не отримали. Системи IIIА, IIIБ та IVA застосовуються у деяких верстатах, що випускаються фірмами Hofmann-Kunze, GeneralMotorsCorp. та GeneralElektrikCo.

Клас	Конструктивна група	
	А	Б
I		
II		
III		
IV		
V		
VI		
VII		

Рисунок 5.3 – Класифікація механічних систем балансувальних верстатів за ступенем свободи ротора

Широко застосовуються системи класів: ІА – у верстатах для статичного балансування; ІБ - у балансувальних верстатах типу МДУ, ДБН, МДУС та у верстатах типу UA, IA, IAГ фірми Losenhausenwerk; ІІА - у верстатах М-40, М-48, МДБГ-1, УУГ-3 та верстатах фірм Tinius-Olsen та Giesler типу G2; ІІВ - у верстатах конструкції МПТ та фірм Bear, Bentrath та Losenhausenwerk; VБ - у верстатах типу ДИСБАЛАНС, МС, МДБ, 9703, 9710, 9739 різних модифікацій та верстатах фірм Reitlinger, K.Schenk, Hofmann (серій R, AM, VGW, E фірм Gisholt (типу HS) та Dynagraph (типу) , фірми

Eriksson (типу URB}, JacksonBradwellLtd, DaweInstrum. Ltd та EMJ та серії ПОЗА; VIIA - у верстатах конструкції MBТУ, а також у верстатах фірм SperryStrobodyn) та Hermann.

У класифікації за кількістю ступенів свободи осі ротора верстати ділять на чотири групи (рис. 5.4).

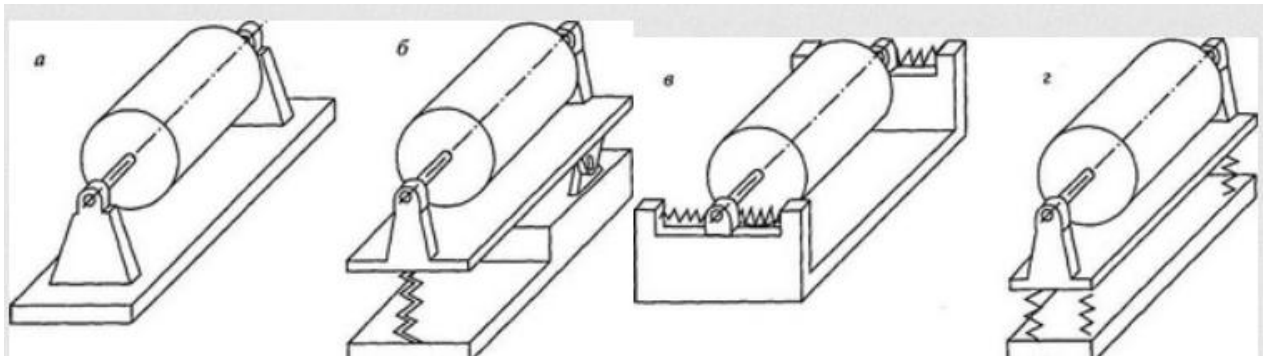


Рисунок 5.4 – Класифікація механічних систем балансувальних верстатів за ступенем свободи осі ротора

Група *а* з нерухомою віссю ротора (рис. 5.4) відповідає класам ІА і ІБ (один ступінь свободи). Верстати цієї групи (ДБН-50, МДУ-3) мають жорсткий зв'язок осі ротора маси через нерухомі підшипники з незмірно більшою масою фундаменту. Дисбаланси ротора визначають за вимірами реакцій опор, розподіл яких обумовлено лише положенням центру мас щодо опор або площин виміру. Відсутність рухомих частин дозволяє спростити конструкцію опор та застосовувати осьовий привід ротора. Як маси при середніх і важких роторах використовують нерухому основу (підлогу приміщення або фундамент), коливання якого викликають у вимірювальному елементі широкий спектр перешкод і для їх придушення потрібна більш ефективна фільтрація, ніж у системах з пружними зв'язками із зовнішнім середовищем. Віброізоляція за допомогою м'якої підвіски верстата порушує нерухомість підшипників, позбавляючи систему можливості налаштування без застосування ротора тарування. Віброізоляція фундаменту без порушення співвідношення сил можлива лише для малих роторів, коли встановлена на

пружинах плита основи масою кілька кілограмів значно перевищує масу ротора.

Робота верстата можлива тільки на частоті обертання, значно меншій за власну частоту системи (у дорезонансному режимі), коли кут зсуву фаз практично дорівнює нулю, що знижує помилки вимірювання дисбалансу. Викликані дисбалансом сили пропорційні, тому доцільно застосовувати у цих верстатах високі швидкості. Високий рівень власних частот системи та її частин робить її чутливою до ударних перешкод, демпфування яких важко.

Група *б* (рис. 5.4) з фіксованою віссю коливань осі ротора (два ступені свободи) відповідає класу ІІБ. Верстати групи *б* (М-40, МДБГ-1) мають жорсткий зв'язок коливальної системи (рами) з основою в напрямку, перпендикулярному до осі коливань системи, що працюють при резонансному режимі з великими кутовими коливаннями рами, що зручно для вимірювань, але вимагає застосування спеціального приводу для забезпечення постійної частоти обертання ротора. Висока добротність коливальної системи послаблює поміхи інших частот. Тому станки в резонансному режимі за можливістю виявлення дисбалансу можна порівняти з станками, обладнаними електронною вимірювальною системою. Способи балансування на таких станках засновані на послідовному визначенні дисбалансу ротора у двох площинах корекції, кожна з яких по черзі поєднується з фіксованою віссю коливань рамами.

Зовнішні вібрації, перпендикулярні фіксованій осі та осі обертання ротора, можуть накладатися на вимірювані та обмежувати мінімальну величину обумовленого дисбалансу. Тому експлуатувати такі станки необхідно у приміщеннях із низьким рівнем зовнішніх вібрацій. При балансуванні середніх та великих роторів станок монтують на ізольованому фундаменті, а станок для малих роторів встановлюють на плиті з м'якою підвіскою.

Верстати групи *б* з балансуванням на вибігу рідко застосовують через низьку продуктивність, що потребує декількох пусків для кожної площини

корекції. При цьому для балансування на вибігу ротор повинен мати досить великий момент інерції мас щодо осі обертання, а також малі та стабільні втрати на тертя у підшипниках. Інакше при швидкому проході через резонанс амплітуди коливань не буде досягнуто достатньої величини, а нестабільність втрат на терті призведе до розкиду величин амплітуд при різних пусках. На таких станках складно балансувати довгі ротори у своїх опорах.

Верстати групи *б* зручні при балансуванні роторів різних розмірів і мас в експериментальному та дрібносерійному виробництві та при ремонтних роботах, що визначається простотою їх переналагодження, яка полягає у відповідній установці ротора щодо осі гойдання рами. Працюючи в зарезонансному режимі та обладнані електричними датчиками із підсилювачами верстати із фіксованою віссю коливань широко застосовуються для балансування роторів гіроскопів.

Група *в* (рис. 5.4) з фіксованою площиною коливань осі ротора (три ступеня свободи) відповідає класу VB (верстати ДБ, 9703, 9710), найбільш поширена, що пояснюється можливістю визначення дисбалансів ротора у двох площинах корекції по коливанням опор за пуск без перестановки ротора. Для збереження лінійності коливань системи, що дозволяє підсумовувати їх алгебраїчно, верстати працюють у зарезонансному режимі з малими амплітудами коливань. Загальний вид балансувальних верстатів із двома рухомими опорами моделей ДБ-102 та ДБ-302, що випускаються Савелівським машинобудівним заводом (СМЗ) та Кіровокамським заводом прецизійних верстатів (КЗПС), показаний на рис. 5.5 та рис. 5.6 відповідно.



Рисунок 5.5 – Балансувальний верстат моделі ДБ-50

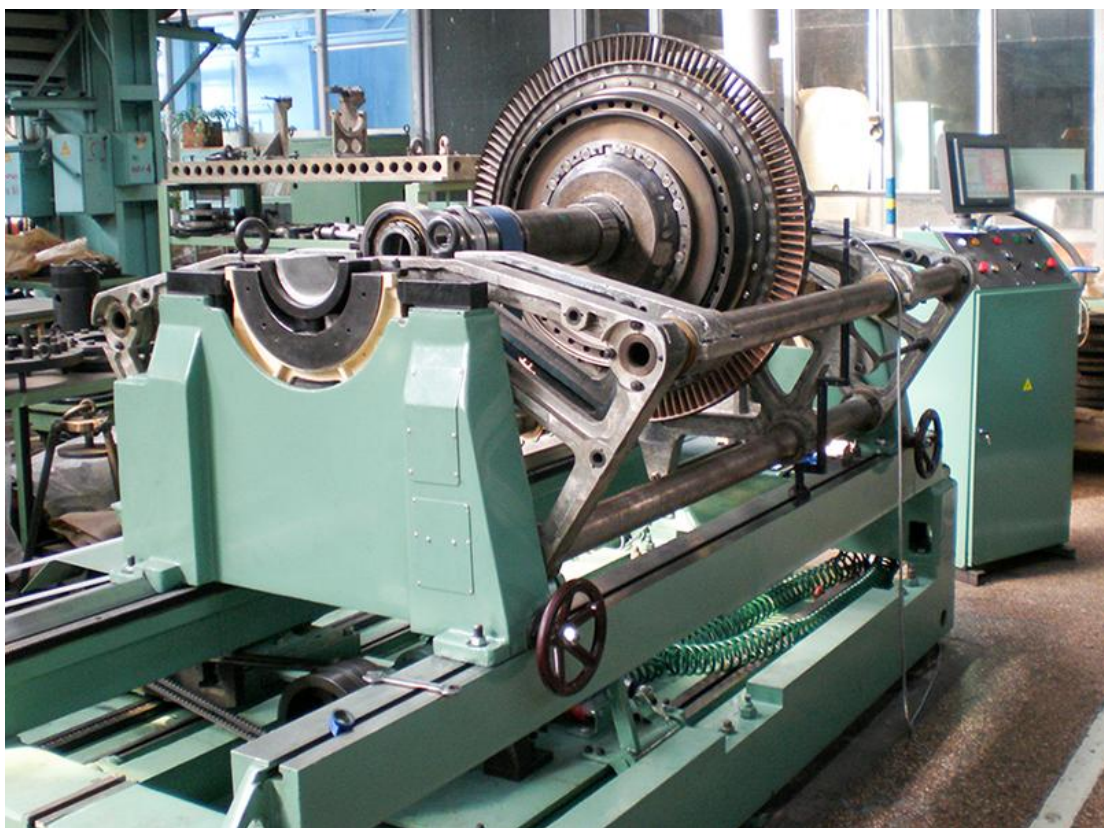


Рисунок 5.6 – Балансувальний верстат моделі ДБ-303

На рис. 5.7 та рис. 5.8 показані загальні види універсальних балансувальних верстатів німецьких фірм Hofmann (тип HL-100) та Losenhausenwerk (тип UA-100) з приводом ротора, що балансується, від шарнірного валу, призначених для динамічного балансування роторів масою до 100 кг. У першому верстаті величина складових дисбалансу показується одночасно у двох площинах корекції, у другому - по чергово у кожній площині корекції.



Рисунок 5.7 – Балансувальний верстат типу HL-100 фірми Hofmann

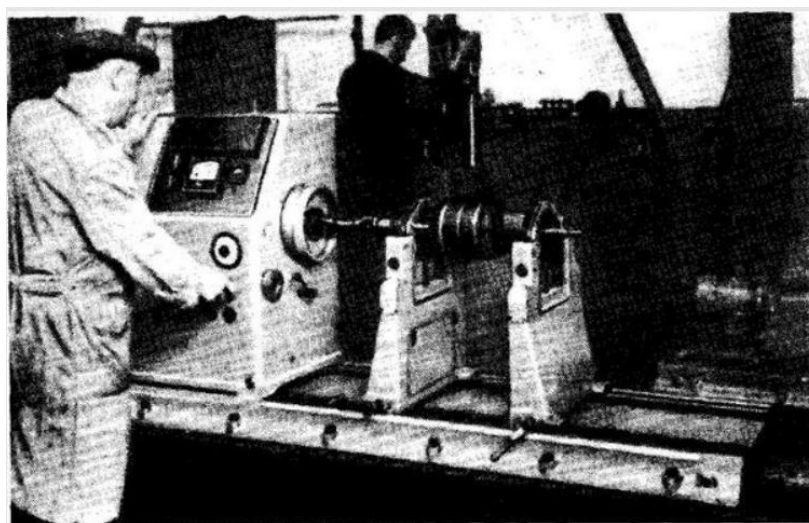


Рисунок 5.8 – Балансувальний верстат типу UA-100 фірми Losenhausenwerk

Коливання опор ротора в верстатах групи *в* пропорційні дисбалансу ротора в площинах корекції. Малі механічні коливання опор верстата перетворюються на еквівалентні електричні сигнали у вимірювальній системі, в якій виробляється різницевий сигнал, що відображає дисбаланс у конкретній площині корекції.

Точність вимірювання дисбалансів ротора мало залежить від зовнішніх вібрацій, тому що горизонтальні складові перешкод можуть бути знижені відповідним вибором власної частоти коливань ротора з опорами, а вертикальні перпендикулярні вимірюваним коливанням. Однак при балансуванні таких деталей, як ротори малих електродвигунів і гіроскопів, колінчасті вали автомобільних двигунів, впливу вертикальних складових зовнішніх перешкод можуть виявитися суттєвими, що зумовлює необхідність віброізоляції верстатів. У малих балансувальних верстатах (моделі 9703 і 9710) це забезпечується підвіскою всього верстата на гумових прокладках, середніх (модель 3672) - установкою на ізольованому фундаменті.

До недоліків верстатів групи *в* відносять порушення налаштування ланцюга поділу площин корекції залежно від величини дисбалансу ротора та явище самокомпенсації. Порушення в ланцюзі поділу площин корекції можуть бути виключені в лічильно-вирішальній частині системи вимірювання, так як характеристики системи, що коливається, закономірно змінюються в залежності від величини коригуючих мас. Крім того, прийнято знижувати початковий дисбаланс не більше ніж у 6-8 разів за один пуск. Помилка при цьому від недостатнього виключення впливу площин корекції в сучасних верстатах балансування становить близько 3%, і практично корекція не потрібна.

Явище самокомпенсації викликається порушенням симетрії системи, що коливається, і проявляється в різкому зниженні чутливості верстата по дисбалансу в будь-якій площині корекції. Цей недолік усувається розміщенням центру мас ротора у середині прольоту між рухомими опорами.

Група ε (рис. 5.4) із просторовим рухом осі ротора (сім ступенів свободи) відповідає класу VIIA

У верстатах групи 4 (МВТУ-772, МВТУ-775) ротор спирається на підшипники, жорстко пов'язані з рамою, що коливається, з'єднаної з основою через пружні зв'язки і демпфери. При обертанні неврівноваженого ротора його вісь обертання переміщається спільно з рамою, що коливається, тому про дисбаланси ротора можна судити по коливанням довільної точки рами. При цьому можна знайти точки, рух яких залежить тільки від статичного або від моментного дисбалансу, що підвищує точність вимірювань. Загальний вигляд верстата МВТУ-0726 без жорстких зв'язків осі ротора з нерухомою основою показано на рис. 5.9.

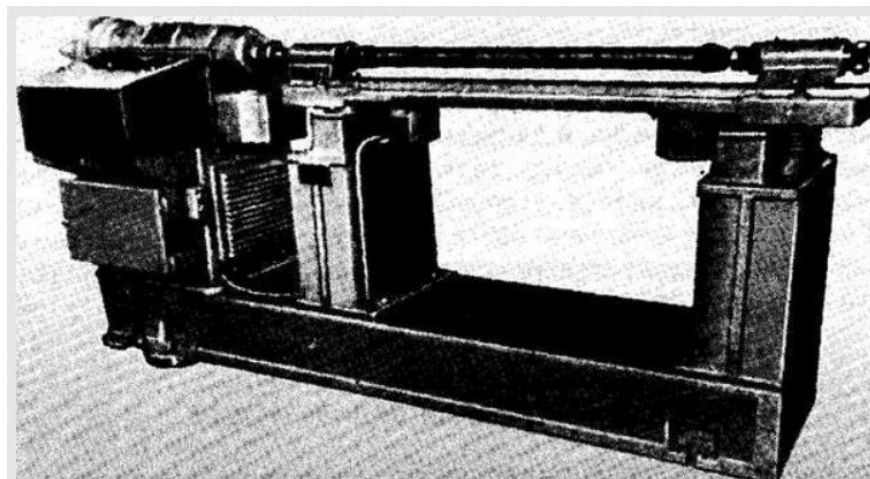


Рисунок 5.9 – Балансувальний верстат моделі МВТУ-0726.

Можливість довільного розміщення точок вимірювання дозволяє при проектуванні верстатів для статичного балансування вибрати точку вимірювання, коливання якої залежать тільки від статичного дисбалансу, що дозволить спростити обробку сигналу вимірювальної системи і забезпечити більш високу точність визначення головного вектора дисбалансів. Аналогічним шляхом можна створити спеціалізований верстат для визначення лише моментного дисбалансу.

Монтаж ротора, що балансується, на загальній жорсткій рамі забезпечує співвісність його опор, що підвищує точність балансування, а відсутність жорстких зв'язків з фундаментом дозволяє відповідним підбором параметрів зробити систему мало чутливою до зовнішніх впливів [17]. Крім того, можна вибрати напрямки вимірювання коливань, перпендикулярні до найбільших вібрацій перешкод, ніж знизити їх вплив

Верстати групи 2 прості по конструкції, але передача обертання ротору, що балансується, в них ускладнена можливою неспіввісністю осей ротора і шпинделя приводу через змінюється під вагою ротора опади коливається частини верстата. Цей недолік усувається встановленням приводу на рухомій частині. У цих верстатах можливо забезпечити ізотропну жорсткість за будь-якими перпендикулярними осями обертання ротора напрямками, що важливо при визначенні дисбалансів гнучких роторів.

5.2 Можливі шляхи вирішення

Після складання обертової [18] складальної одиниці, до якої входять збалансовані деталі (вал, крильчатка) та інші деталі (шпонки, штифти, стопорні гвинти та ін.), виникає необхідність у повторному їх балансуванні, так як зміщення однієї з деталей, навіть у межах проміжків, передбачених кресленням, викликає значну невірноваженість. Балансування окремих деталей, що швидко обертаються, зазвичай виконують у механічних цехах у процесі виготовлення. Однак при складанні за рахунок зазорів, ексцентриситетів, похибок установки з'являється невірноваженість всієї складальної одиниці.

Невірноваженість деталі або складальної одиниці, що обертається, є причиною появи в машині при її роботі динамічних сил, які додатково

навантажують опори, підвищують інтенсивність зносу підшипників, а також викликають вібрації та зв'язування з ним втомні напруги.

Неврівноваженість може сильно знижувати якість машини: неуврівноваженість крильчаток насосів викликає інтенсивну вібрацію, руйнування деталей.

Точність врівноваження, допустимі дисбаланси встановлюються технічними умовами виходячи з особливостей конструкції та призначення, швидкості їх обертання, допустимих вібрацій, необхідної надійності та довговічності.

Динамічна балансування деталей і складальних одиниць застосовується для більш точного визначення дисбалансу, що виникає під час обертання під дією відцентрових сил. Для проведення динамічного балансування деталей тіл обертання застосовують балансувальні верстати. Балансувальні верстати дають можливість вимірювання параметрів динамічної неуврівноваженості у двох площинах корекції. Коригування мас можна здійснювати або на опорах верстата (прикріпленням вантажів, свердлінням тощо), або окремо від верстата на відповідному устаткуванні. Точність верстатів для динамічного балансування визначається величиною залишкового дисбалансу у площинах корекції, вираженого в одиницях питомого дисбалансу.

Застосування верстатумоделі 9A713 (рис. 5.10) для балансування деталі «Вал» у серійному виробництві насосів дало можливість заощадити час виконання операції та її собівартість. При впровадженні верстатного балансування час обробки знизився від 0,67 ч до 0,25 ч в порівнянні з ручим статичним балансуванням.



Рисунок 5.10 – Балансування валу на балансувальному верстаті моделі 9A713

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

При вдосконаленні технології виготовлення валу було застосована багатOVERстатна обробка для групи токарних верстатів з ЧПК моделі 16K20T1. Обробка на цих верстатах замінила точіння на універсальних токарно-гвинторізних верстатах 1K62. При цьому було зменшена кількість токарних операцій з п'яти до чотирьох.

Економічний ефект від впровадження багатOVERстатної обробки на токарних верстатах з ЧПК моделі 16K20T1 виконаємо згідно методики [12]:

$$E = (C_1 - C_2) \cdot N \quad (4.1)$$

де C_1 – собівартість виготовлення деталі згідно базової технології;

C_2 – собівартість виготовлення деталі згідно запропонованої технології;

N – річна програма випуску, шт.

Собівартість виготовлення деталі [12]:

$$C = Z + E + A + O + P \quad (4.2)$$

де Z – витрати на заробітну плату, грн;

E – витрати на електроенергію, грн;

A – амортизаційні відрахування, грн;

O – витрати на обслуговування обладнання, грн;

P – витрати на ремонт обладнання, грн.

Заробітна плата робітника:

$$Z = \sum \left(C_{Tj} \cdot \frac{t_{штj}}{60} + \Pi \right), \text{ грн} \quad (4.3)$$

де C_T – годинна ставка працівника, грн/год; для операторів верстатів з ЧПК4-го розряду – 35 грн/год; для токарів універсальщиків 5-го розряду – 55 грн/год;

$t_{шт}$ – штучний час згідно табл. 1.9 (для базової технології загальний час на п'яти операціях дорівнює 125 хв), хв;

Π – премія, складає 20% від заробітної плати, грн.

$$z_1 = \frac{125}{60} \cdot 55 \cdot 1,2 = 137,5 \text{ грн}$$

$$z_2 = \frac{(30,2 + 28 + 8,23 + 7,07)}{60} \cdot 35 \cdot 1,2 = 51,45 \text{ грн}$$

Витрати на електроенергію [12]:

$$E = \sum P_{\Sigma} \cdot \frac{t_{шт}}{60} \cdot E_{ст} \cdot k_1 \cdot k_2, \text{ грн} \quad (4.5)$$

де $E_{ст}$ – вартість електроенергії на виробництві, складає 1,68 грн/кВт·год;

P_{Σ} – сумарна потужність вживаного електроустаткування, для токарних верстатів з ЧПК – 24 кВт; для універсальних токарно-гвинторізних верстатів 1К62 – 10 кВт;

$k_1=0,7$, $k_2=0,7$ – коефіцієнти, що ураховують відповідно використання електродвигунів по потужності та по часу [12];

$$E_1 = \frac{125}{60} \cdot 1,68 \cdot 10 \cdot 0,7 \cdot 0,7 = 17,15 \text{ грн}$$

$$E_2 = \frac{(30,2 + 28 + 8,23 + 7,07)}{60} \cdot 1,68 \cdot 24 \cdot 0,7 \cdot 0,7 = 24,04 \text{ грн}$$

Амортизаційні відрахування[12]:

$$\sum A_r = \frac{\alpha_1 \cdot 1,15 \cdot \Pi}{1000} \quad (4.6)$$

де Π – вартість обладнання (16К20Т1 – 1100000 грн, 1К62 – 540000 грн);

α_1 – процент відрахувань від балансової вартості обладнання;

$$A = \frac{A_r \cdot 100}{F_d \cdot 60} \quad (4.6)$$

де $F_d=4015$ – дійсний фонд роботи обладнання;

$$\begin{aligned} \sum A_1 &= \frac{540000 \cdot 1,15 \cdot 15}{100} = 93150 \text{ грн} \\ \sum A_2 &= \frac{1100000 \cdot 1,15 \cdot 15}{100} = 189750 \text{ грн} \\ A_1 &= \frac{93150 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 38,66 \text{ грн} \\ A_2 &= \frac{189750 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 78,76 \text{ грн} \end{aligned}$$

Витрати на обслуговування обладнання [12]:

$$\sum O_r = \frac{\alpha \cdot 1,15 \cdot \Pi}{100}, \text{ грн} \quad (4.7)$$

де α – процент відрахувань від балансової вартості обладнання;

$$O = \frac{O_r \cdot 100}{F_d \cdot 60} \quad (4.8)$$

$$\begin{aligned} \sum O_1 &= \frac{0,5 \cdot 1,15 \cdot 540000}{100} = 3105 \text{ грн} \\ \sum O_2 &= \frac{0,5 \cdot 1,15 \cdot 1100000}{100} = 6325 \text{ грн} \\ O_1 &= \frac{3105 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 1,28 \text{ грн} \\ O_2 &= \frac{6325 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 2,62 \text{ грн} \end{aligned}$$

Витрати на ремонт обладнання [12]:

$$\sum P_r = \frac{\alpha_2 \cdot 1,15 \cdot \Pi}{100} \quad (4.8)$$

де α_2 – процент відрахувань від балансової вартості обладнання.

$$P = \frac{P_r \cdot 100}{F_d \cdot 60} \quad (4.10)$$

$$\sum P_1 = \frac{4,5 \cdot 1,15 \cdot 540000}{100} = 27945 \text{ грн}$$

$$\sum P_2 = \frac{4,5 \cdot 1,15 \cdot 1100000}{100} = 56925 \text{ грн}$$

$$P_1 = \frac{27945 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 11,6 \text{ грн}$$

$$P_2 = \frac{56925 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 23,63 \text{ грн}$$

Технологічна собівартість за формулою (4.2):

$$C_1 = 137,5 + 17,15 + 38,66 + 1,28 + 11,6 = 206,19 \text{ грн}$$

$$C_2 = 51,45 + 24,04 + 78,76 + 2,62 + 23,63 = 180,5 \text{ грн}$$

Розрахуємо економічний ефект за формулою (4.1):

$$E = (206,19 - 180,5) \cdot 2000 = 51380 \text{ грн}$$

Економічний ефект від впровадження багатOVERстатної обробки валів на верстатах з ЧПК дорівнює 51380 грн.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Оскільки тема магістерського проекту "Особливості технології виготовлення складнопрофільних валів у багатосерійному виробництві", нижче розглянемо заходи з охорони праці, виробничої санітарії та гігієни праці, пожежної безпеки, що необхідно передбачити під час виконання робіт на персональному комп'ютері (далі – ПК) із візуальними. . дисплейними терміналами (далі ВДТ) у конструкторському бюро.

На підставі аналізу умов роботи, згідно з ГОСТ 12.0.003-74 (1999) "ССБТ. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація", виявлено такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори, здатні призвести до травм та погіршення здоров'я працівників та заподіяти шкоду:

1. Механічні травми через організаційні причини:

а) нераціонального планування робочого місця чи недостатньої площі робочого приміщення;

б) захаращення робочого місця та проходів в умовах відсутності достатньої кількості шаф, полиць, стелажів.

2. Поразка електрострумом у зв'язку з невиконанням правил техніки безпеки під час використання електрообладнання, відсутності захисного заземлення. Ступінь ураження людини залежить від багатьох факторів: її фізичної втоми, індивідуального опору впливу електричного струму, частоти струму, часу впливу, шляху проходження через тіло людини, від зовнішніх факторів, наприклад, вологості в приміщенні.

3. Кістково-м'язові порушення у зв'язку з тривалим статичним навантаженням, що призводить до стомлення, збільшення помилок, травм (соціальних причин).

4. Нервово-психічні навантаження внаслідок специфіки виконуваних робіт призводять до захворювань загального характеру;

5. Робота з людьми різного типу темпераменту, в умовах інтенсивної та складної роботи може стати причиною нервово-емоційної напруги, що надалі може призвести до захворювань серцево-судинної системи. Крім того, малорухливий спосіб життя також призводить до ожиріння, гіпертонії та інших захворювань серцево-судинної системи.

6. Санітарно-гігієнічні причини:

б) втома очей внаслідок пульсації світлового потоку від ламп типу ДРЛ, яка впливає на погіршення зору при керуванні технологічним процесом та обладнанням;

в) недостатнє природне висвітлення також негативно впливає на орган зору та якість роботи;

г) підвищений рівень шуму, що виникає при значній кількості працюючих в одному приміщенні, може призвести до дратівливості, збільшення помилок;

д) незадовільні параметри мікроклімату на робочому місці, у зв'язку з відсутністю або неправильною роботою засобів забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату, може призвести до підвищеної втоми, зниження працездатності;

7. Достовірність пожежі у зв'язку з несправністю електричного обладнання, недотримання або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом.

8. Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, що може призвести до травм та загибелі людей.

Одним із головних методів забезпечення електробезпеки є застосування захисного заземлення, що відповідає вимогам п. 1.7.98 «ПУЕ». Заземлюючий пристрій передбачено виконати поглибленими заземлювачами із сталевих стрижнів, що заглиблюються в траншею завглибшки 0,7 м по периметру підстанції, та з'єднуються горизонтальними електродами стрижневого типу з тієї самої сталі, що і вертикальні.

Визначимо розрахунковий питомий опір ґрунту з урахуванням підвищеного коефіцієнту, який враховує висихання ґрунту влітку та промерзання взимку. Питомий опір ґрунту 100 Ом/м.

$$\rho_{розр} = \rho \cdot k \quad (7.1)$$

де ρ - питомий опір ґрунту, Ом/м.

k - підвищуючий коефіцієнт для вертикального та горизонтального заземлювачів. $k_v=1,5$ $k_r=3,0$

$$\rho_{розр.в} = 100 \cdot 1.5 = 150 \text{ Ом}$$

$$\rho_{розр.г} = 100 \cdot 3.0 = 300 \text{ Ом}$$

Визначимо опір розтікання одного вертикального електрода. Візьмемо стрижень діаметром 12мм, довжина 3м.

$$R_{розр.в} = \frac{\rho_{розр.в}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \cdot t + 1}{4 \cdot t - 1} \right) \quad (7.2)$$

де l – довжина прутка, м

d – діаметр прутка, м

t – відстань від поверхні землі до середини електрода, м.

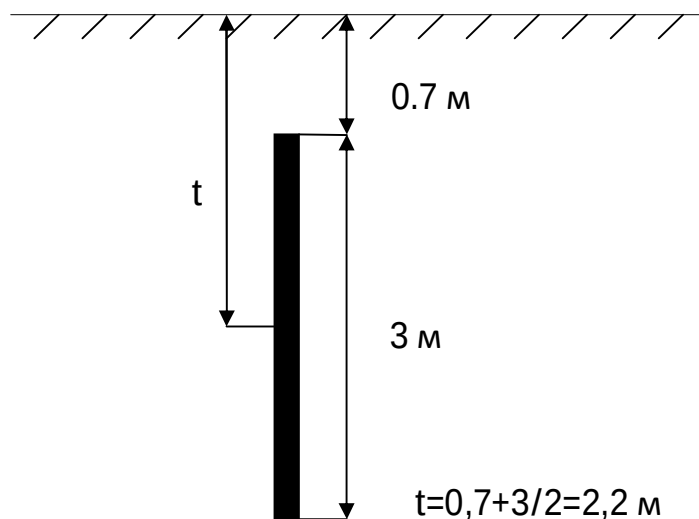


Рисунок 7.1 - Відстань від поверхні землі до середини електрода

$$R_{розр.г} = \frac{150}{2,3,143} \cdot \left(\lg \frac{2,3}{0,012} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4,2,2+1}{4,2,2-1} \right) = 21,9 \text{ Ом}$$

Визначимо приблизне число вертикальних заземлювачів при прийнятому коефіцієнті використання $k_{в}=0,7$

$$n_{г} = \frac{R_{г}}{k_{ув} \cdot R_{з}} \quad (7.3)$$

$$n_{г} = \frac{21,9}{0,7 \cdot 4} = 7,84$$

Приймаємо $n_{г} = 8 \text{ шт}$

Вертикальні електроди розміщуємо по контуру РП.

Визначимо опір розтікання горизонтальних електродів із сталі 40×4мм, приварених до кінців вертикальних електродів:

$$R_{г} = \frac{\left(\frac{\rho}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{l^2 \cdot 2}{b \cdot l} \right)}{k_{ув}} \quad (7.4)$$

де $k_{ув}$ – коефіцієнт використання з'єднувальної полоси в контурі. $k_{ув}=0,6$

l – довжина полоси, м

b – ширина полоси, м

t – глибина полоси, м

$$R_{г} = \frac{\left(\frac{300}{2 \cdot 3,141 \cdot 35,2} \cdot \ln \frac{35,2^2 \cdot 2}{0,04 \cdot 0,7} \right)}{0,64} = 4,9 \text{ Ом}$$

Перевірка опору заземлення

$$R_{з} = \frac{R_{г} \cdot R_{в}}{R_{г} + R_{в}} = \frac{4,9 \cdot 21,78}{4,9 + 21,78} = 3,71 \text{ Ом}$$

$$3,71 \text{ Ом} < 4,0 \text{ Ом}$$

Умова виконується. З розрахунку виходить, що прийнятий в проект ізаземлюючий пристрій задовольняє вимогам електробезпеки.

ВИСНОВКИ

Було вдосконалено технологію виготовлення складно профільних валів у багатосерійному виробництві технологічний процес. Для виготовлення деталі «Вал» обрано метод отримання заготовки – штампування на КГШП. При даному методу отримання заготовки коефіцієнт використання матеріалу становив 0,67, економічний ефект – 6785 грн.

Був розроблений маршрут виготовлення деталі, який містить замість токарної обробки на універсальних токарно-гвинторізних верстатах обробку на верстатах з ЧПК. За рахунок цих заходів зменшився загальний час оброблення деталі, економічний ефект становив 51380 грн.

Була розроблена керуюча програма за допомогою програмного забезпечення Siemens NX для операції 035.

Було спроектовано робоче пристосування для фрезерування шпоночного пазу. Було розраховано похибку встановлення рівню 0,068 мм та розраховані розміри установка для настроювання фрези. Було визначено зусилля затиску рівне 8085 Н та обраний гідроциліндр з діаметром 50 мм.

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. Богуслаєв В.О. Основи технології машинобудування. Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів / В.О. Богуслаєв, В.І. Ципак, В.К. Яценко – Запоріжжя, вид. ВАТ «Мотор Січ», 2003. – 336 с.
3. 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 практичних робіт з дисципліни «Технологічна оснастка» з напрямку підготовки 6.050502 «Інженерна механіка», за фаховим спрямуванням «Технологія машинобудування» та «Металорізальні верстати та системи» для всіх форм навчання / Укл. : П.А. Каморкін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2011. – 82 с.

12. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» і «Технологія будування авіаційних двигунів» / укл. В.К. Яцекно, В.І. Ципак, Є.Я. Коренєвський та ін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2003. – 245 с.

13. Роботизированный комплекс HaasRobotPackage 3 : Веб-сайт : URL:https://www.haascnc.com/ru/machines/automation-systems/Robot_integration/robot-package-3.html (дата звернення: 01.12.2022).

14. Москвин В.К.; Кузнецов П.М. Привод технологического робота токарного роботизированного комплекса. *Технология машиностроения*. 2018. №11 С. 45-48.

15. Москвин В.К. Техническое обеспечение операций загрузки-выгрузки изделий на токарных станках с ЧПУ. *Технология машиностроения*, 2019. №9. С. 34-37.

16. Балансировочные станки: характеристики и устройство станков : Веб-сайт : URL:http://dvt-region.com/balansirovochnie_stanki__harakteristiki_i_ustroystvo_stankov.htm (дата звернення: 01.12.2022).

17. Емелин А.В., Зименский А.С. Балансировка корей и роторов электрических машин ручного электроинструмента. *Евразийское Научное Объединение*. 2020. №5. С. 111-113.

18. Белобородов С.М., Ковалев А.Ю. Расчетно-имитационный метод балансировки валов. *Компрессорная техника и пневматика*. 2010. №4. С. 14-15.

ДОДАТОК А

Визначення маси деталі та заготовок за допомогою масово-центрувальних характеристик програмного забезпечення «КОМПАС-3D»

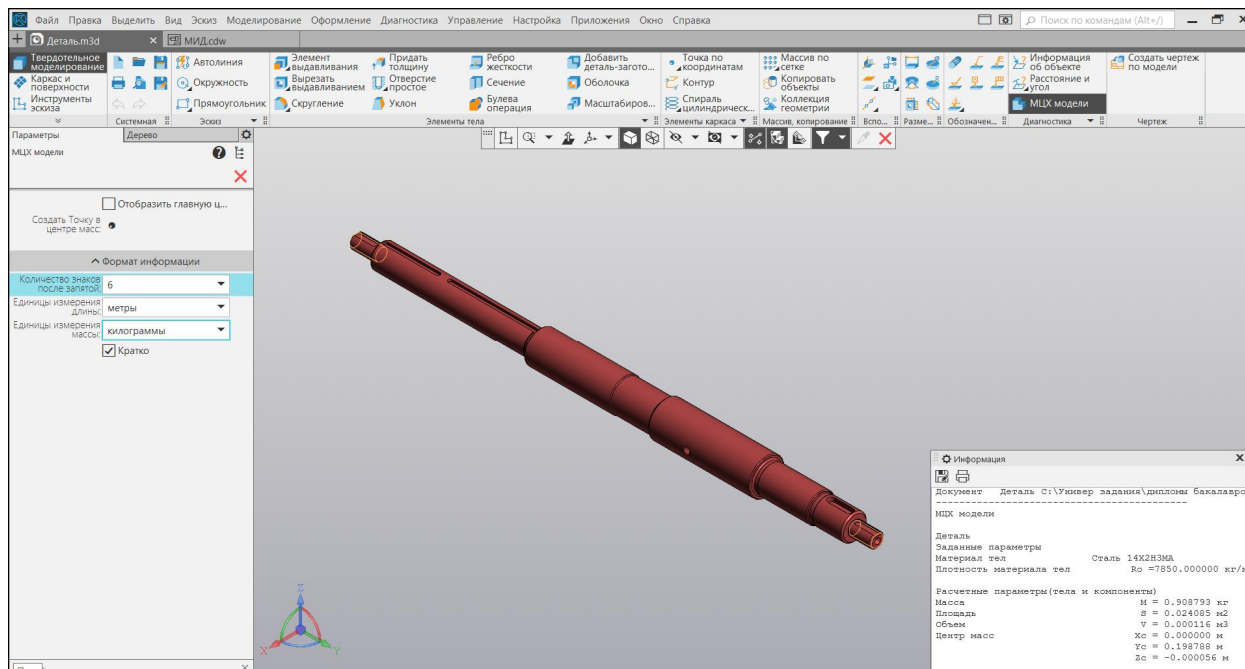


Рисунок А.1 – Маса деталі

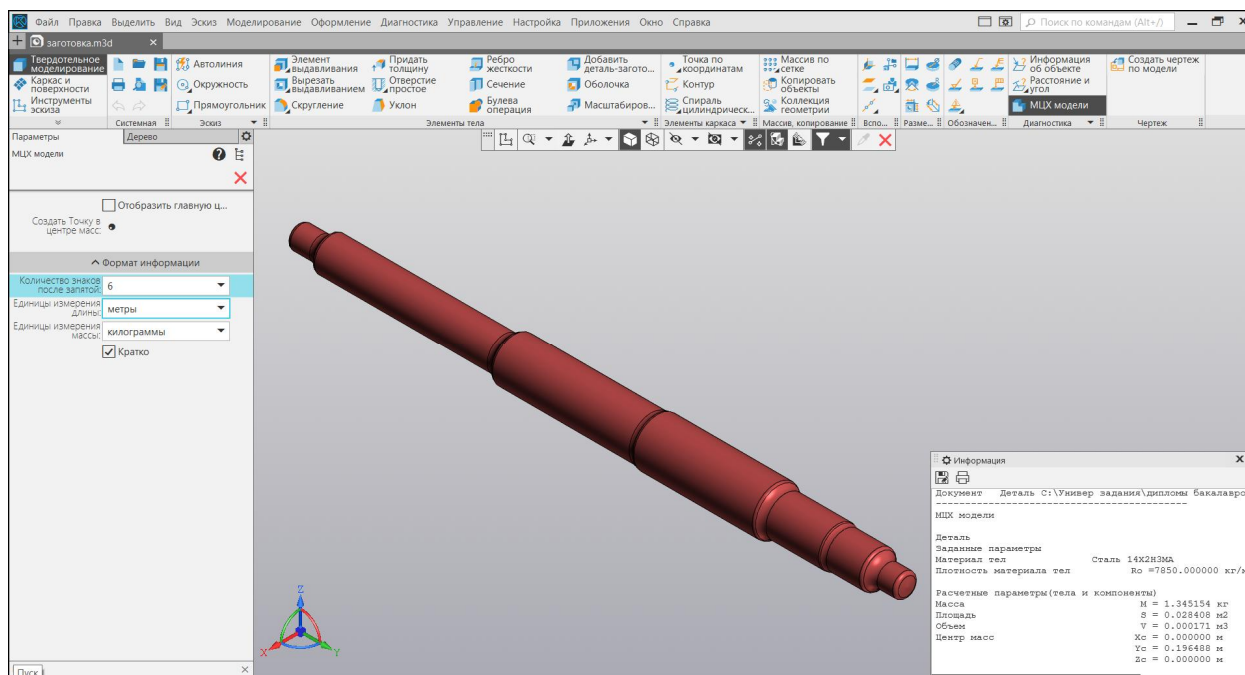


Рисунок А.2 – Маса штамповки

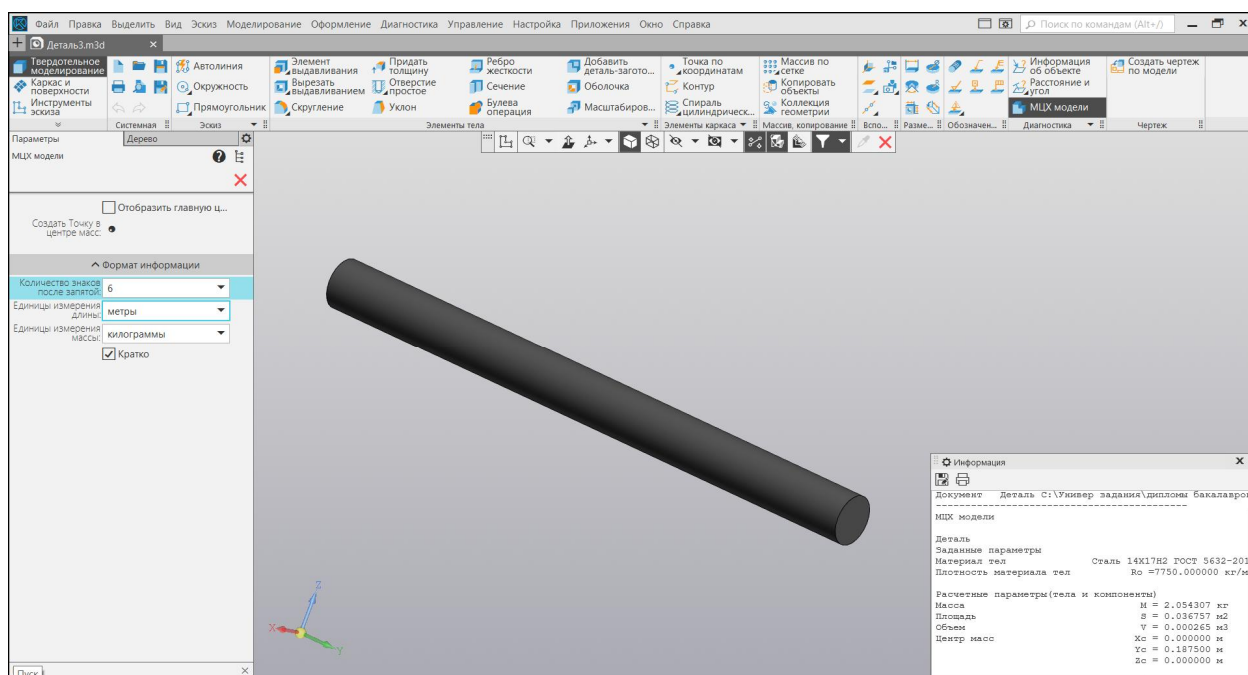


Рисунок А.3 – Маса заготовки з прокату

[illegible]

ДОДАТОК В

Специфікація пристосування для контролю биття

Формат		Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
Изм	Лист						
Перв. примен							
					Документация		
				НУЗП 402153.007	Складальне креслення	1	
Спроб. №							
					Сборочные единицы		
			1		Корпус лівого центру	1	
			2		Корпус правого центру	1	
			3		Стійка індикатора	1	
			4		Ручка	1	
Підп. і дата					Детали		
			4		Основа	1	
			6		Плита	1	
Інф. № дідл.							
					Стандартные изделия		
Взам. інф. №							
			7		Гвинт М10х40 ГОСТ 1491-70	4	
			8		Штифт 10х50 ГОСТ 3128-70	2	
Підп. і дата							
Інф. № подл.							
				НУЗП 402153.007			