

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний факультет

(повне найменування факультету)

Кафедра «Технологія машинобудування»

(повне найменування кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

перший (бакалаврський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Розроблення технологічного процесу виготовлення вала головного приводу»/ «Development of a technological manufacturing process for the main drive shaft»

(назва теми)

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи М-112

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

УЖВА М. В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Є. В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ШИРИКОБОКОВ В.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

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

УЖВА Марина Володимирівна

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розроблення технологічного процесу виготовлення вала головного приводу

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «12» травня 2026 року №233

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі, річна програма випуску N = 1000 шт.

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів)

Робоче креслення деталі, креслення заготовки, плакат 3-D моделі деталі та заготовки, плакат МВД, графічні зображення при створенні керуючої програми для верстата з ЧПК та розрахунків на міцність, креслення робочого та контрольного пристосувань.

## 6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання « 20 » \_\_\_\_\_ травня \_\_\_\_\_ 2026 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту ( роботи )	Примітка
1	Технологічна частина	20.05.2026	
2	Конструкторська частина	23.05.2026	
3	Розробка планування ділянки	26.05.2026	
4	Оцінка очікуваної економічної ефективності	29.06.2026	
5	Охорона праці	30.06.0226	
6	Пояснювальна записка	31.06.2026	
7	Креслення та плакати	02.06.2026	
8	Нормоконтроль і рецензія	05.06.2026	
9	Захист дипломного проєкту	09.06.2026	

Студент(ка)

\_\_\_\_\_ Марина УЖВА  
( підпис ) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

\_\_\_\_\_ Євген ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ  
( підпис ) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 101 с., 26 рис., 21 табл., 1 додаток, 16 джерел.

ВАЛ, ІНСТРУМЕНТ, МІД, НОРМУВАННЯ, ОБЛАДНАННЯ,  
ОПЕРАЦІЯ, ПОКОВКА, ПРИСТОСУВАННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ,  
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС.

Об'єкт дослідження – вал головного приводу.

Мета дипломного проекту – розробка технологічного процесу виготовлення вала головного приводу. Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В роботі розроблено технологічний процес виготовлення валу, виконано економічні розрахунки процесу штампування на горизонтально-кувальній машині (ГКМ) та кривошипному гаряче-штампувальному пресі (КГШП), розраховано режими механічної обробки та визначено нормативи часу. Розроблено керуючу програму для виконання операції на верстаті з ЧПК.

Спроектовано та обґрунтовано застосування робочого і контрольного пристосувань.

Проведено розрахунок міцності деталі на основі аналізу її напружено-деформованого стану. Виконано організаційно-технологічні розрахунки, зокрема визначено необхідну кількість технологічного обладнання та чисельність виробничого персоналу дільниці. Розроблено заходи з охорони праці та забезпечення безпечних умов роботи персоналу.

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	7
ВСТУП.....	8
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі... ..	9
1.2. Вибір типу виробництва і форми організації робіт .....	12
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.....	13
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі.....	18
1.4.1 Вибір технологічних баз.....	18
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	18
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	26
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів .....	26
1.6 Розрахунок режимів різання.....	35
1.6.1 Операція 020 токарна з ЧПК.....	35
1.6.2 Операція 050 фрезерна.....	42
1.6.3 Операція 080 круглошліфувальна.....	47
1.7 Технічне нормування операцій.....	51
1.7.1 Технічне нормування операції 020 .....	51
1.7.2 Технічне нормування операції 050.....	53
1.7.3 Технічне нормування операції 080.....	55
1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК.....	57
1.8.1 Операція 050 фрезерна.....	57
1.8.2 Операція 035 свердлильна.....	59
2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	62
2.1.Проектування та розрахунок пристрою для фрезерування пазу.....	62

2.1.1 Конструкція та принципу роботи робочого пристосування.....	62
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність .....	63
2.1.3 Розрахунок необхідного сили затиску. Вибір приводу.....	69
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	75
2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування.....	75
2.3 Розрахунок на міцність деталі «Вал».....	77
3. РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ.....	80
4. ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ....	83
5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	85
ВИСНОВКИ.....	86
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	87
ДОДАТОК А КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ.....	89

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ГКМ – горизонтальна кувальна машина

КГШП – кривошипний гаряче-штампувальний прес

КП – керуюча програма

МВД – маршрут виготовлення деталі

МОП – маршрут обробки поверхні

ППТЯ – послідовність показників точності та якості

СВЧ – струм високої частоти

Т/О – термічна обробка

ЧПК – числове програмне керування

## ВСТУП

У машинобудуванні точність обробки деталі залежить не лише від класу верстата чи якості інструмента, а передусім від правильного вибору технологічного оснащення. Часто на практиці можна спостерігати, що досвідчений робітник на старому верстаті досягає кращих результатів, ніж нове обладнання без належно спроектованого пристосування. Це доводить, що стабільність і точність виготовлення визначається не віком техніки, а рівнем продуманості технологічного процесу.

Технологічні пристосування є ключовою ланкою між людиною, верстатом і заготовкою. Вони забезпечують правильне базування, надійне закріплення, зменшують вплив людського чинника та похибок налаштування. Саме завдяки раціонально спроектованому пристосуванню досягається сталість розмірів деталей, підвищується продуктивність і знижується собівартість виготовлення.

Метою дипломної роботи є розроблення технологічного пристосування для виконання конкретної операції механічної обробки. У процесі роботи розглядаються принципи базування, вибір силових елементів, способи затиску та забезпечення точності. Особлива увага приділяється тому, як конструкція пристосування впливає на якість обробки незалежно від типу верстата чи кваліфікації оператора.

Розроблене пристосування спрямоване на підвищення ефективності виробничого процесу, скорочення часу встановлення деталі та забезпечення стабільних параметрів обробки при багаторазовому повторенні операцій.

## 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Деталь «Вал головного приводу» (рис. 1.1) є тілом обертання та складається з основної циліндричної частини постійного діаметра, фланця із зубчастим вінцем та циліндричної ділянки іншого діаметра. Конструкція деталі компактна, технологічно проста і забезпечує надійну роботу вала в механізмі.

Ліва частина вала підвищує жорсткість деталі та зменшує ймовірність деформацій під час експлуатації.

Фланець розташований між циліндричними ділянками та виконаний у вигляді зубчастого вінця, який забезпечує передачу крутного моменту через зубчасте зачеплення з відповідною деталлю механізму. З обох боків фланця передбачені радіусні переходи, що зменшують концентрацію напружень у місцях зміни діаметра та підвищують довговічність деталі.

На одній з циліндричних поверхонь передбачено шпонковий паз, що забезпечує передавання крутного моменту між валом і насадженою деталлю. Торцеві кромки мають фаски, які полегшують складання та запобігають пошкодженню спряжених поверхонь.

Вал головного приводу призначений для передачі обертального руху та крутного моменту, а також для забезпечення надійного зачеплення зубчастого вінця з відповідним зубчастим колесом механізму. У процесі експлуатації деталь працює в умовах змінних навантажень і сприймає крутні, згинальні та осьові сили, що виникають під час передачі руху та взаємодії зубчастих елементів. Конструкція деталі передбачає суцільне виконання лівої частини та наявність радіусних переходів у зоні фланця, що дозволяє зменшити концентрацію напружень у небезпечних перерізах. Такі конструктивні

рішення сприяють підвищенню міцності, довговічності та надійності роботи деталі в умовах циклічного навантаження.

Для виготовлення деталі обрано сталь 45, хімічний склад якої наведено в табл. 1.1. Даний матеріал належить до якісних конструкційних вуглецевих сталей середнього вмісту вуглецю і характеризується оптимальним поєднанням міцності, пластичності та технологічності. Це робить його доцільним для виготовлення деталей, що працюють в умовах змінних і ударних навантажень.

Після виготовлення поковки та проведення попередньої термічної обробки (поліпшення) зі твердістю від 28...32 HRC структура сталі представлена ферито-перлітною сумішшю. Такий структурний стан забезпечує достатню міцність, задовільну пластичність і високу оброблюваність різанням, що є важливим при виконанні токарних операцій і зубофрезерування.

З метою підвищення експлуатаційних характеристик деталі передбачено локальне зміцнення зубчастої поверхні методом гартування струмами високої частоти (СВЧ). У процесі нагрівання до температур вище критичної точки  $A_{c3}$  (приблизно 800–850 °С) відбувається фазове перетворення ферито-перлітної структури в аустеніт. Подальше швидке охолодження (водою або емульсією) забезпечує утворення мартенситної структури поверхневого шару. У результаті гартування формується зміцнений шар твердістю від 45...50 HRC глибиною від 1 мм до 3 мм, що значно підвищує зносостійкість зубчастої поверхні. Поверхневий шар представлений переважно мартенситом із незначною кількістю залишкового аустеніту, тоді як серцевина деталі зберігає ферито-перлітну структуру. Такий розподіл властивостей забезпечує поєднання високої твердості поверхні з в'язкістю та ударною міцністю серцевини, що є необхідним для запобігання крихкому руйнуванню.

Після термічної обробки виконується шліфування зубців, яке дозволяє досягти високої точності профілю зуба, зменшити шорсткість поверхні та усунути можливі деформації, що виникають у процесі гартування.

Таким чином, застосування сталі 45 для виготовлення вала головного приводу є технічно та економічно обґрунтованим рішенням. Обраний матеріал забезпечує стабільність механічних властивостей, добру оброблюваність різанням, можливість ефективного поверхневого зміцнення, а також оптимальне поєднання міцності та пластичності.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 45, % [1]

C	Si	Mn	S	P	Cr	Cu
0,42...0,50	0,17...0,37	0,50...0,80	<0,04	<0,035	<0,25	<0,3

Ескіз деталі (рис. 1.1)

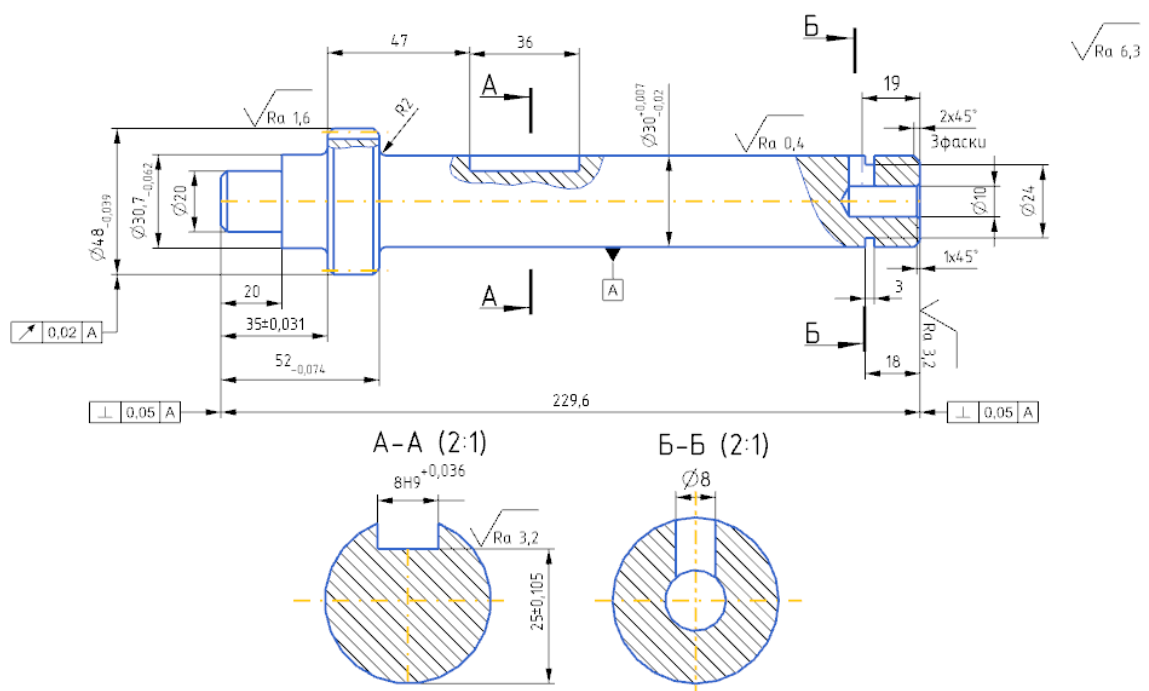


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Вал головного приводу»



Рисунок 1.2 – Тривимірна модель вала головного приводу

## 1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Тип виробництва прийнято серійний з урахуванням маси деталі та запланованого обсягу її виготовлення [2]. Згідно з [2], з огляду на встановлену технологічну послідовність виконання операцій і величину виробничої партії, для організації процесу обробки доцільно застосування потокового методу виконання робіт.

Кількісна характеристика партії встановлюється розрахунковим шляхом відповідно до формули (1.1) [3]:

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

де  $N$  – річна програма випуску,  $N = 1000$  шт ;

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

$A$  – кількість робочих днів на рік,  $A = 256$  днів.

$$n = \frac{3 \cdot 1000}{256} = 11,72 \approx 12 \text{ шт.}$$

### 1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Вихідною заготовкою для деталі «вал із фланцем» є поковка зі сталі 45, що відповідає вимогам ДСТУ. Застосування поковки дозволяє сформувати заготовку, конфігурація якої близька до кінцевої геометрії деталі, що суттєво зменшує обсяг механічної обробки.

Вихідним матеріалом для виготовлення поковки є круглий прокатний пруток. Пруток розрізають на мірні заготовки, після чого їх нагрівають до температури гарячої деформації. Остаточне надання форми виконується шляхом гарячого штампування, у результаті чого отримують поковку з необхідним контуром та мінімальними припусками на обробку.

Розміри поковки визначаються з урахуванням об'єму готової деталі, технологічних припусків на механічну обробку та втрат металу при нагріванні. Такий підхід забезпечує достатній запас матеріалу для отримання заданої точності розмірів і якості поверхні.

Для отримання поковки можуть бути використані два способи гарячого штампування:

- штампування на горизонтально-штампувальній машині (ГКМ);
- штампування на кривошипному гаряче-штампуальному пресі (КГШП).

Штампування на ГКМ характеризується імпульсним характером деформації, простішим оснащенням і можливістю виготовлення поковок

невеликими серіями. Проте точність таких поковок нижча, а припуски на механічну обробку більші.

Штамування на КГШП забезпечує більш рівномірну деформацію металу, підвищену точність геометрії поковки та менші припуски. У результаті зменшуються витрати часу та собівартість подальших операцій обробки, а також підвищується ефективність при серійному виробництві.

Відповідно до [3] і з урахуванням 2-го класу точності заготовки, встановлюємо припуски на механічну обробку для всіх поверхонь деталі, отриманої штампуванням на ГKM та КГШП.

Для штампування на ГKM встановлюємо такі напуски:

при розмірах деталі до 50 мм – 2 мм;

у діапазоні від 50 мм до 120 мм – 2,1 мм;

у діапазоні від 120 мм до 260 мм – 2,4 мм.

Для штампування на КГШП:

при розмірах деталі до 50 мм – 1,9 мм;

у діапазоні від 50 до 120 мм – 2,0 мм;

у діапазоні від 120 до 260 мм – 2,3 мм.

Моделі заготовок, що виготовляються методом штамповки на ГKM та КГШП наведені на рисунках (1.3), (1.4).



Рисунок 1.3 – 3-D модель заготовки отриманої на ГKM

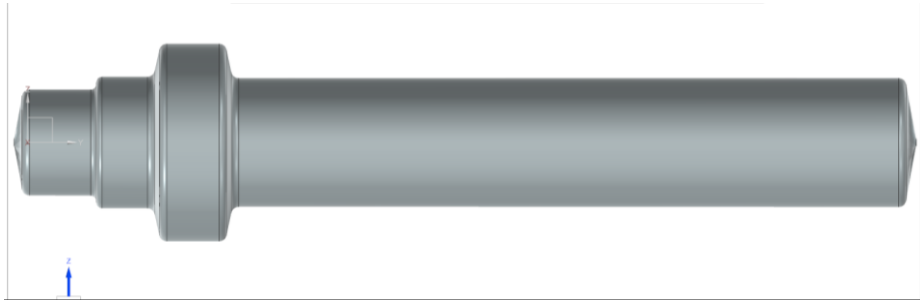


Рисунок 1.4 – 3-D модель заготовки отриманої на КГШП

Вартість однієї заготовки  $B$ , отриманої на ГKM, а також коефіцієнт використання матеріалу визначаються за наведеними нижче формулами (1.2), (1.3) [3]:

$$B_{ГKM} = \frac{B_{\sigma}}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_{II} - (Q - q) \cdot \frac{B_{\text{сiдх}}}{1000}; \quad (1.2)$$

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

де  $B_{\sigma}$  – базова вартість виготовлення 1 т заготовок, грн,  $B_{\sigma} = 3150$  грн [3];

$q$  – маса деталі,  $q = 1,3$  кг;

$Q$  – маса поковки,  $Q = 1,81$  кг;

$K_T$  – коефіцієнт, що враховує клас точності поковки,  $K_T = 1,0$  [3];

$K_M$  – коефіцієнт, що залежить від матеріалу деталі  $K_M = 1,0$  [3];

$K_B$  – коефіцієнт, що залежить від ваги заготовки,  $K_B = 1,14$  [3];

$K_C$  – коефіцієнт, що враховує коефіцієнт складності,  $K_C = 0,84$  [3];

$K_{II}$  – коефіцієнт, що враховує програму випуску,  $K_{II} = 1,0$  [3];

$B_{\text{сiдх}}$  – вартість 1 т стружки, грн,  $B_{\text{сiдх}} = 140$  [3].

$$B_{ГKM} = \frac{3150}{1000} \cdot 1,81 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,14 \cdot 0,84 \cdot 1,0 - (1,81 - 1,3) \cdot \frac{140}{1000} = 5,39 \text{ грн};$$

$$\eta_{ГКМ} = \frac{1,3}{1,81} = 0,72$$

За формулою (1.2) і (1.3) розраховується вартість однієї поковки методом на КГШП:

$$B_{КГШП} = \frac{3500}{1000} \cdot 1,78 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,14 \cdot 0,84 \cdot 1,0 - (1,78 - 1,3) \cdot \frac{140}{1000} = 5,9 \text{ грн};$$

$$\eta_{КГШП} = \frac{1,3}{1,78} = 0,73;$$

Отримано:

$$B_{ГКМ} < B_{КГШП}; 5,39 < 5,9;$$

$$\eta_{ГКМ} < \eta_{КГШП}; 0,72 < 0,73$$

Аналіз співвідношення додаткових витрат на виробництво заготовок методом КГШП і додаткових витрат на матеріал при використанні ГКМ.

Додаткові витрати, пов'язані із застосуванням КГШП, обчислюються за формулою: (1.4) [3]:

$$E_{B2} = (B_2 - B_1) \cdot N, \tag{1.4}$$

$$E_{B2} = (5,9 - 5,39) \cdot 1000 = 510 \text{ грн.}$$

Додаткові витрати при використанні ГКМ визначаються за формулою (1.5) [3]:

$$B_{M1} = \frac{B_{B1}}{1000} \cdot M_1 \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_{II}, \quad (1.5)$$

$$M_1 = \frac{q \cdot (\eta_2 - \eta_1)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N, \quad (1.6)$$

$$M_1 = \frac{1,3 \cdot (0,73 - 0,72)}{0,72 \cdot 0,73} \cdot 1000 = 24,73 \text{ кг},$$

$$B_{M1} = \frac{3150}{1000} \cdot 24,73 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,14 \cdot 0,84 \cdot 1,0 = 74,6 \text{ грн.}$$

Отже,  $B_{M1} < E_{B2}$ , тому доцільно прийняти штампування ГКМ.

Абсолютна величина річної економії

$$E_B = 510 - 74,6 = 435,4 \text{ грн.}$$

Розраховані дані заносяться до табл. 1.2

Таблиця 1.2 – Порівняльні показники за варіантами

Показники	Позначення	Вимір	Варіант	
			ГКМ	КГШП
Припуск на сторону	Z	мм	2	1,9
Вага заготовки	Q	кг	1,81	1,78
Базова вартість 1т заготовок	$B_{\bar{b}}$	грн	3150	3500
Коефіцієнт	$K_T$	–	1,0	
	$K_M$	–	1,0	
	$K_B$	–	1,14	
	$K_C$	–	0,84	
	$B_{\text{відх}}$	грн	140	
Вартість 1т. стружки	B	грн	5,39	5,9
Вартість однієї заготовки	$\eta$	–	0,72	0,73
Коефіцієнт використання заготовок				

## 1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

### 1.4.1 Вибір технологічних баз

Для виконання фрезерно-центрувальної операції як чорнову базу обрано циліндричну поверхню діаметром 30 мм. Таке базування забезпечує надійне закріплення заготовки й зменшує похибки обробки.

Під час токарних операцій базування здійснюється за центровими отворами, а також поверхнями діаметром 48 мм і 30 мм у поєднанні з торцями, що забезпечує співвісність та точність обробки.

При фрезеруванні шпонкового паза базами є поверхня діаметром 30 мм і лівий торець 5, а під час шліфування використовуються центрові отвори.

### 1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Почергова нумерація поверхонь (рис. 1.5)

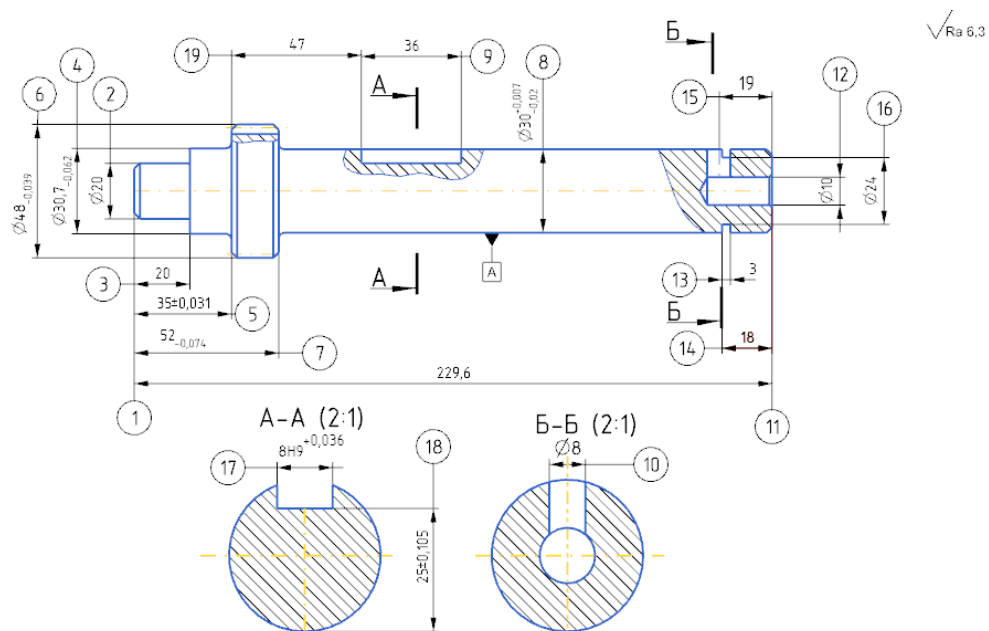


Рисунок 1.5 – Конструкторсько-технологічні елементи деталі

Таблиця 1.3 – Визначення складових елементів деталі «Втулка»

№ пов.	Розмір, мм	Характеристика поверхні		Показники		
		Назва	Поверхня/Елемент	Кв-т точності поверхні	Шорсткість, Ra, мкм	Відхилення форми та взаємного положення поверхонь
1	229,6 <sub>-0,46</sub>	Торець лівий	Зовн. бокова поверхня фланця (ліва)	h12	6,3	Перпендикулярність 0,05 відносно бази А
2	∅ 20 <sub>-0,21</sub>	Циліндр	Зовн. циліндрична поверхня	h12	6,3	-
3	20 <sub>-0,21</sub>	Торець лівий	Зовн. бокова поверхня фланця (ліва)	h12	6,3	-
4	∅ 30,7 <sub>-0,062</sub>	Циліндр	Зовн. циліндрична поверхня	h9	6,3	-
5	35±0,031	Торець лівий	Зовн. бокова поверхня фланця (ліва)	js9	6,3	-
6	∅ 48 <sub>-0,039</sub>	Зубчастий вінець	Зовн. зубчаста поверхня	h8	1,6	Биття 0,02 відносно бази А
7	52 <sub>-0,043</sub>	Торець правий	Зовн. торцева поверхня деталі (права)	h9	6,3	-
8	∅ 30 <sub>-0,020</sub> <sup>+0,007</sup>	Циліндр	Зовн. циліндрична поверхня	g7	0,4	Базова поверхня А
9	36 <sup>+0,25</sup>	Паз шпоночний	Внутр. (що охоплює) не осьовий елемент деталі (правий)	H12	6,3	-
10	∅ 8 <sup>+0,15</sup>	Отвір	Внутр. (що охоплює) не осьовий елемент деталі	H12	6,3	-
11	229,6 <sub>-0,46</sub>	Торець правий	Зовн. торцева поверхня деталі (права)	h12	3,2	Перпендикулярність 0,05 відносно бази А
12	∅ 10 <sup>+0,15</sup>	Отвір	Внутр. (що охоплює) елемент деталі	H12	6,3	-
13	3 <sup>+0,12</sup>	Канавка	Внутр. (що охоплює) не осьовий елемент деталі	H12	6,3	-
14	18 <sup>+0,18</sup>	Проміжний	-	h12	6,3	-
15	19±0,105	Проміжний	-	js12	6,3	-
16	24±0,105	Канавка	Внутр. (що охоплює) елемент деталі	js12	6,3	-
17	8 <sup>+0,036</sup>	Паз шпоночний	Внутр. (що охоплює) не осьовий елемент деталі	H9	3,2	-
18	25±0,105	Проміжний	-	js12	6,3	-
19	47±0,125	Проміжний	-	js12	6,3	-

Виконання маршруту обробки поверхні 8:  $\varnothing 30_{-0,02}^{+0,007}$ ,  $Ra 0,8$ .

Допуск на діаметр вала прийнято  $\varnothing 30_{-0,008}^{+0,013}$  відповідно до міжнародної системи допусків і посадок. Обране поле допуску забезпечує необхідну точність виготовлення деталі, технологічність процесу обробки та можливість контролю стандартними засобами вимірювання. Використання стандартного допуску дозволяє обґрунтовано призначити заключний обробний перехід – кругле шліфування, яке забезпечує задану точність розміру та шорсткість поверхні  $Ra 0,8$ .

За робочим кресленням визначені технічні вимоги до оброблюваної поверхні  $\varnothing 30\text{мм}$ :  $Td_{\varnothing} = \frac{+0,013}{-0,008} = 0,021 \text{ мм} = 21 \text{ мкм}$  (g7),  $Ra = 0,8 \text{ мкм}$ .

Встановлені допуски  $Td_{заг}$  та  $Ra_{заг}$  на діаметр вихідної заготовки  $Td_{\varnothing} = \frac{+1,6}{-0,8} = 2,4 \text{ мм} = 2400 \text{ мкм}$ , (IT17) [4].

$$Rz_{заг} = 140 \text{ мкм}; Ra_{заг} = \frac{Rz_{заг}}{4} = 35 \text{ мкм} [4];$$

Прийнято  $Ra_{заг} = 50 \text{ мкм}$ ;

Вихідна заготовка – IT 17;

Поверхня готової деталі – g7

$$IT17 \rightarrow g7$$

$$Ra 50 \rightarrow Ra 0,8$$

Загальне уточнення за показниками точності та шорсткості поверхні визначається за такими залежностями [3], відповідно до формул (1.7), (1.8):

$$\varepsilon_{0Td} = \frac{Td_{заг}}{Td_{дет}}, \quad (1.7)$$

де  $Td_{заг}$  – допуск на розмір заготовки, мкм;

$Td_{дет}$  – допуск на розмір деталі, мкм;

$$\varepsilon_{0Ra} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дет}}, \quad (1.8)$$

де  $Ra_{заг}$  – параметр шорсткості заготовки, мкм;

$Ra_{дет}$  – параметр шорсткості деталі, мкм;

$$\varepsilon_{0Td} = \frac{2400}{21} = 114,3;$$

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

Кількість переходів обробки поверхні визначається за лімітуючим параметром  $Td$ , формула (1.9) [3]:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon_{Td}, \quad (1.9)$$

$$k = 2 \cdot \lg 114,3 = 4$$

Прийнято  $k = 4$  переходів.

Послідовність показників точності та якості (ППТЯ):

- заготовка;
- Т/О
- Точіння чорнове  $Ra$  12,5;
- Точіння чистове  $Ra$  3,2;
- Т/О;
- Шліфування попереднє  $Ra$  1,6;

– Шліфування завершальне  $Ra\ 0,8$ ;

– Полірування  $Ra\ 0,4$ .

Оцінка різниці квалітетів:

$$\Delta = IT_{заг} - IT_{дет};$$

$$\Delta = 17 - 7 = 10;$$

Розподілено на 4 перехода:  $\Delta = 4 + 3 + 2 + 1$ ;

ПШТЯ:

$$IT17 \rightarrow h13 \rightarrow h10 \rightarrow T/O \rightarrow h8 \rightarrow g7;$$

$$Ra\ 50 \rightarrow Ra\ 12,5 \rightarrow Ra\ 3,2 \rightarrow T/O \rightarrow Ra\ 1,6 \rightarrow Ra\ 0,8.$$

Уточнення за допуском призначаються за формулою (1.10) [3]:

$$\varepsilon_{ITd} = \frac{Td_{i+1}}{Td_i} \varepsilon_{iRa} = \frac{Ra_{i+1}}{Ra_i}; \quad (1.10)$$

а) точіння чорнове:

$$\varepsilon_{1Td} = \frac{Td_{i+1}}{Td_i} = \frac{2,4}{0,33} = 7,27;$$

б) точіння чистове:

$$\varepsilon_{2Td} = \frac{0,33}{0,084} = 3,92;$$

в) шліфування попереднє:

$$\varepsilon_{3Td} = \frac{0,084}{0,033} = 2,54;$$

г) шліфування завершальне:

$$\varepsilon_{4Td} = \frac{0,033}{0,021} = 1,57.$$

Перевірка:  $\varepsilon_0 = \sum_{i=2}^k \varepsilon_i = 7,27 \cdot 3,92 \cdot 2,54 \cdot 1,57 = 113,7$

За шорсткістю уточнення визначаються за формулою (1.11) [3]:

$$\varepsilon_{iRa} = \frac{Ra_{i+1}}{Ra_i}; \quad (1.11)$$

$$\varepsilon_{1Ra} = \frac{50}{12,5} = 4;$$

$$\varepsilon_{2Ra} = \frac{12,5}{3,2} = 3,9;$$

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

$$\varepsilon_{4Ra} = \frac{1,6}{0,8} = 2.$$

Перевірка:  $\varepsilon_0 = \sum_{i=2}^k \varepsilon_i = 4 \cdot 3,9 \cdot 2 \cdot 2 = 62,4.$

Отримані результати підтверджують правильність вибору технологічних режимів.

Встановлений маршрут обробки поверхні 8 ( див. рис. 1.5) занесено до табл. (1.4)

Таблиця 1.4 – Маршрут обробки поверхні деталі

Характер та показник точності поверхні	Показники	Загальні уточнення	Кількість переходів, К		Різниця показників та ППТЯ	МВД		Параметри за переходами		Проміжні уточнення		
	J		$\epsilon_0$	Розраховане		Прийняте	i	Назва операції	Допуск, Td	Шорсткість Ra	$\epsilon_i$ Td	$\epsilon_i$ Ra
Зовнішня Циліндр. поверхня $\varnothing 30g7$ $\left( \begin{matrix} +0,013 \\ -0,008 \end{matrix} \right)$ , Ra 0,8. Заготовка: $\left( \begin{matrix} +1,0 \\ -0,6 \end{matrix} \right)$ , Td=1,6; IT17, Ra50.	Td	76	3,76	4	$\Delta = 17 - 7 = 10 = 4 + 3 + 2 + 1$ IT17→h13→h10→T/O→h8→g7	1	Заготовка IT17	1,6	50	-	-	
						2	T/O	-	-	-	-	
						3	Точіння чорнове	0,33	12,5	4,84	4	
						4	Точіння чистове	0,084	3,2	3,92	3,9	
	Ra	62,5				$\Delta = \Delta 8 - \Delta 1 = 7 = 2 + 2 + 2 + 1$ Ra50→Ra12,5→Ra3,2→T/O→Ra1,6→Ra0,8	5	T/O	-	-	-	-
							6	Шліфування попереднє	0,033	1,6	2,54	2
							7	Шліфування чистове	0,021	0,8	1,57	2
Загальні уточнення:										75,6	62,4	

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

Перший перехід – точіння чорнове:  $T_{dl}=250$  мкм;  $T_{Ra1}=6,3$  мкм [4].

Для інших поверхонь розробляємо прискорений МОП:

Поверхня 1,11 h12, Ra6,3

МОП: – заготовка - -

– T/O

– фрезерна h12, Ra6,3

Поверхня 2, 3 h12, Ra6,3

МОП: – заготовка - -

– Т/О

– точіння чорнове h12, Ra6,3

Поверхня 4, 7 h9, Ra6,3

МОП: – заготовка - -

– Т/О

– точіння чорнове h12, Ra6,3

– точіння чистове h9, Ra6,3

Поверхня 5 js9, Ra6,3

МОП: – точіння чорнове h12, Ra6,3

– точіння чистове js 9, Ra6,3

Поверхня 6 h8, Ra1,6

МОП: – Т/О

– точіння чорнове h12, Ra 6,3

– точіння чистове h9, Ra 3,2

– зубофрезерна h9, Ra 3,2

– Т/О

– шліфування однократне h8 Ra 1,6

Поверхня 8 (див. табл. 1.4)

Поверхня 9, 17, 18, 19 H9, Ra 3,2

МОП: – фрезерна (після точіння чистового) H9, Ra 3,2

Поверхня 10, 15, 12 H12, Ra 6,3

МОП: – заготовка - -

– Т\О

– свердлення H12, Ra 6,3

Поверхня 13, 14, 16 H12, Ra 6,3

МОП: – точіння чистове (після точіння чорнового)

### 1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

I етап – Заготівельна ГKM

- Т/О (HRC 28...32)

II етап – механічна обробка:

- фрезерно-центрувальна;
- токарна;
- свердлильна ;
- токарна;
- фрезерна;
- зубофрезерна;
- слюсарна;
- мийна;
- контрольна;

III етап – Т/О СВЧ (HRC45...50);

IV етап – механічна обробка:

- круглошліфувальна;
- зубошліфувальна;
- слюсарна;
- мийна;
- контрольна.

### 1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Для зовнішньої поверхні  $\varnothing 30_{-0,008}^{+0,013}$  величина припуска визначається із

застосуванням розрахунково-аналітичного методу:

- а) визначення показників  $Rz_i$ ,  $h_i$  для заготовки.

де  $Rz_i$  – висота мікронерівностей поверхні,  $Rz_i = 140$  мкм;

$h$  - висота дефектного шару,  $h = 225$  мкм [5].

Величину просторового відхилення заготовки знаходять шляхом підсумовування допустимих зміщень і деформацій поверхні за виразом: (1.12) [5].

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2} \quad (1.12)$$

де  $\rho_{зм}$  – зміщення взаємного розташування,  $\rho_{зміщ} = 0,6$  [5];

$\rho_{кор}$  - викривлення вала, що виникає після висаджування фланця на ГKM (враховуючи довжину поверхні  $l = 177,6$  мм, без правки), мкм, тоді:

$$\rho_{кор} = \Delta_{зм} \cdot l \text{ мкм}, \quad (1.13)$$

де  $\Delta_{зм}$  – кривизна поковки,  $\Delta_{зм} = 0,8$  [5];

$$\rho_{кор} = 0,8 \cdot 177,6 = 142 \text{ мм.}$$

$$\rho_1 = \sqrt{0,6^2 + 0,142^2} = 0,62 \text{ мм.}$$

б) для термообробки (у печі):

$$\rho_2 = 1,5 \cdot 208 = 312 \text{ мкм};$$

в) для точіння чорнового нормативні значення  $Rz$ ,  $h$  приймаємо за [4]:

$$Rz_3 = 115 \text{ мкм}, \quad h_3 = 75 \text{ мкм},$$

$$\rho_3 = \Delta_4 \cdot \rho_1 = 0,06 \cdot 620 = 37,2 \text{ мкм},$$

де  $\Delta_4$  – коефіцієнт уточнення прийнято  $\Delta_4 = 0,06$  [5].

Зіставляємо розраховане значення Rz із величиною, встановленою в МОП відповідно до обраної схеми забезпечення якості поверхні.

Похибка центрування заготовки визначається за формулою (1.14) [5]:

$$\varepsilon_3 = 0,25 \cdot \sqrt{Td_{заг}^2 + 1} \text{ мкм}; \quad (1.14)$$

$$\varepsilon_3 = 0,25 \cdot \sqrt{1,6^2 + 1} = 0,472$$

де  $Td_{заг}$  – допуск на діаметральний розмір базової поверхні заготовки, яка використовується під час виконання центрування (свердління центрових отворів), встановлюється залежно від маси деталі.

г) для точіння чистового відповідно до [4] прийнято:

$$Rz_4 = 20 \text{ мкм}, h_4 = 25 \text{ мкм};$$

$$\rho_4 = 0,04 \cdot \rho_3 = 0,04 \cdot 37,2 = 1,49 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_4 = \Delta_4 \cdot \varepsilon_3 = 0,04 \cdot 472 = 18,89 \text{ мкм};$$

д) для термообробки (СВЧ)

$$\rho_5 = 0,0035 \cdot 17 = 0,06 \text{ мкм}$$

є) для шліфування попереднього прийнято за [4]:

$$Rz_6 = 10 \text{ мкм}, h_6 = 10 \text{ мкм};$$

$$\rho_6 = 0,03 \cdot 1,49 = 0,045 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_6 = 0,03 \cdot 18,89 = 0,567 \text{ мкм}.$$

ж) для шліфування завершального:

$$Rz_7 = 5 \text{ мкм}, h_7 = 10 \text{ мкм};$$

$$\rho_6 = 0 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_6 = 0 \text{ мкм};$$

ж) для полірування:

$$Rz_7 = 1,25 \text{ мкм}, h_7 = 1,25 \text{ мкм};$$

$$\rho_7 = 0 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_7 = 0 \text{ мкм}.$$

Двосторонній припуск розраховується за формулою (1.15) [5]:

$$2Z_i^{\min} = 2 \left( Rz_{i+1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right); \quad (1.15)$$

а) для точіння чорнового:

$$2Z_2^{\min} = 2 \left( 140 + 225 + \sqrt{620^2 + 472^2} \right) = 2288 \text{ мкм};$$

б) для точіння чистового:

$$2Z_3^{\min} = 2 \left( 115 + 75 + \sqrt{37,2^2 + 18,89^2} \right) = 463 \text{ мкм};$$

в) для шліфування попереднього:

$$2Z_5^{\min} = 2\left(20 + 25 + \sqrt{1,49^2 + 0,378^2}\right) = 93,07 \text{ мкм};$$

г) для шліфування остаточного:

$$2Z_6^{\min} = 2\left(10 + 10 + \sqrt{0,045^2 + 1}\right) = 42 \text{ мм.}$$

Допуски на розміри для технологічних переходів призначаються згідно з раніше розробленим МОП, починаючи з останнього:

$$Td_6 = Td_{\text{дем}} = 0,005 \text{ мм} - \text{за кресленням деталі g7};$$

$$Td_5 = 0,033 \text{ мм} - \text{відповідно до МОП} - \text{h8};$$

$$Td_3 = 0,084 \text{ мм} - \text{відповідно до МОП} - \text{h10};$$

$$Td_2 = 0,33 \text{ мм} - \text{відповідно до МОП} - \text{h13}.$$

Допуск на розмір заготовки призначається відповідно до [5] з урахуванням маси заготовки, групи сталі, ступеня складності штампування, нормованої точності процесу та належності розміру до інтервального діапазону 50 мм.

$$Td_1 = Td_{\text{заг}} = +1,6 - (-0,8) = 2,4 \text{ мм};$$

За формулою (1.16) обчислюється найбільший розмір поверхні [3]:

$$d_{\text{дем}}^{\max} = d_6^{\max} + esd_6 \text{ мм}; \quad (1.16)$$

$$d_{\text{дем}}^{\max} = d_6^{\max} + esd_6 = 30 + 0,013 = 30,013$$

Визначення розрахункових максимальних розмірів для окремих переходів за формулою (1.17) [3]:

$$d_i^{\max} = d_{i+1}^{\max} + 2Z_{i+1}^{\min} + Td_i; \quad (1.17)$$

$$d_5^{\max} = d_6^{\max} + 2Z_6^{\min} + Td_5 = 30,013 + 0,042 + 0,033 = 30,088 \text{ мм};$$

$$d_3^{\max} = d_5^{\max} + 2Z_5^{\min} + Td_3 = 30,088 + 0,093 + 0,084 = 30,265 \text{ мм};$$

$$d_2^{\max} = d_3^{\max} + 2Z_3^{\min} + Td_2 = 30,265 + 0,463 + 0,33 = 31,058 \text{ мм};$$

$$d_1^{\max} = d_2^{\max} + 2Z_2^{\min} + Td_1 = 31,058 + 2,288 + 2,4 = 35,746 \text{ мм}.$$

Визначення найменших діаметральних розмірів поверхні для окремих переходів за формулою (1.18) [3].

$$D_i^{\min} = D_i^{\max} - TD_i, \quad (1.18)$$

$$d_{\text{дем6}}^{\min} = d_6^{\max} - esTd_6 = 30,013 - 0,013 = 30 \text{ мм};$$

$$d_5^{\min} = d_5^{\max} - Td_5 = 30,088 - 0,033 = 30,055 \text{ мм};$$

$$d_3^{\min} = d_3^{\max} - Td_3 = 30,265 - 0,084 = 30,181 \text{ мм};$$

$$d_2^{\min} = d_2^{\max} - Td_2 = 31,058 - 0,33 = 30,728 \text{ мм}.$$

$$d_{\text{заз1}}^{\min} = d_1^{\max} - Td_1 = 35,746 - 2,4 = 33,346.$$

Найменші припуски обчислюються за формулою (1.19) [3]:

$$2Z_{i \min} = d_{i-1 \min} - d_{i \max} \quad (1.19)$$

- Точіння чорнове:  $2Z_{2 \min} = 33,346 - 31,058 = 2,288 \text{ мм};$
- Точіння чистове:  $2Z_{3 \min} = 30,728 - 30,265 = 0,463 \text{ мм};$

- Шліфування попереднє:  $2Z_{3\min} = 30,181 - 30,088 = 0,093$  мм;
- Шліфування остаточне:  $2Z_{3\min} = 30,055 - 30,013 = 0,042$  мм;

Максимальні величини припусків визначаються за формулою (1.20) [3]:

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

- Точіння чорнове:  $2Z_{2\max} = 35,746 - 30,728 = 5,018$  мм;
- Точіння чистове:  $2Z_{3\max} = 31,058 - 30,181 = 0,877$  мм;
- Шліфування попереднє:  $2Z_{5\max} = 30,265 - 30,055 = 0,21$  мм;
- Шліфування завершальне:  $2Z_{6\max} = 30,088 - 30 = 0,088$  мм.

Перевірку отриманих результатів виконують за формулою (1.21) [3] із застосуванням контрольного правила:

$$TZ_0 = 2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = Td_{заг} + Td_{дем}, \quad (1.21)$$

$$2Z_{0\max} = d_{заг\max} - d_{дем\min} = 35,746 - 30 = 5,746 \text{ мм};$$

$$2Z_{0\min} = d_{дем\max} - d_{заг\min} = 30,013 - 33,346 = 3,333 \text{ мм};$$

$$TZ_0 = 5,746 - 3,333 = 2,4 + 0,013 \text{ мм};$$

$$2,413 = 2,413 \text{ мм.}$$

Параметри заготовки визначаються відповідно до залежності (1.22) [3]:

$$d_{1н} = d_{1\min} + eid_1 = d_{1\max} - esd_1, \quad (1.22)$$

$$d_{1н} = 33,346 + 0,8 = 35,746 - 1,6$$

$$34,146 = 34,146$$

Контрольне співвідношення дотримано, що підтверджує коректність виконаних розрахунків. Отримані результати можуть бути використані для призначення виконавчого розміру.

Виконавчий розмір заготовки –  $\varnothing 34_{-0,8}^{+1,6}$ .

Графічне зображення взаємного розташування допусків, припусків і технологічних розмірів представлено на рис. 1.6, а відповідні числові значення наведено в табл. 1.5.

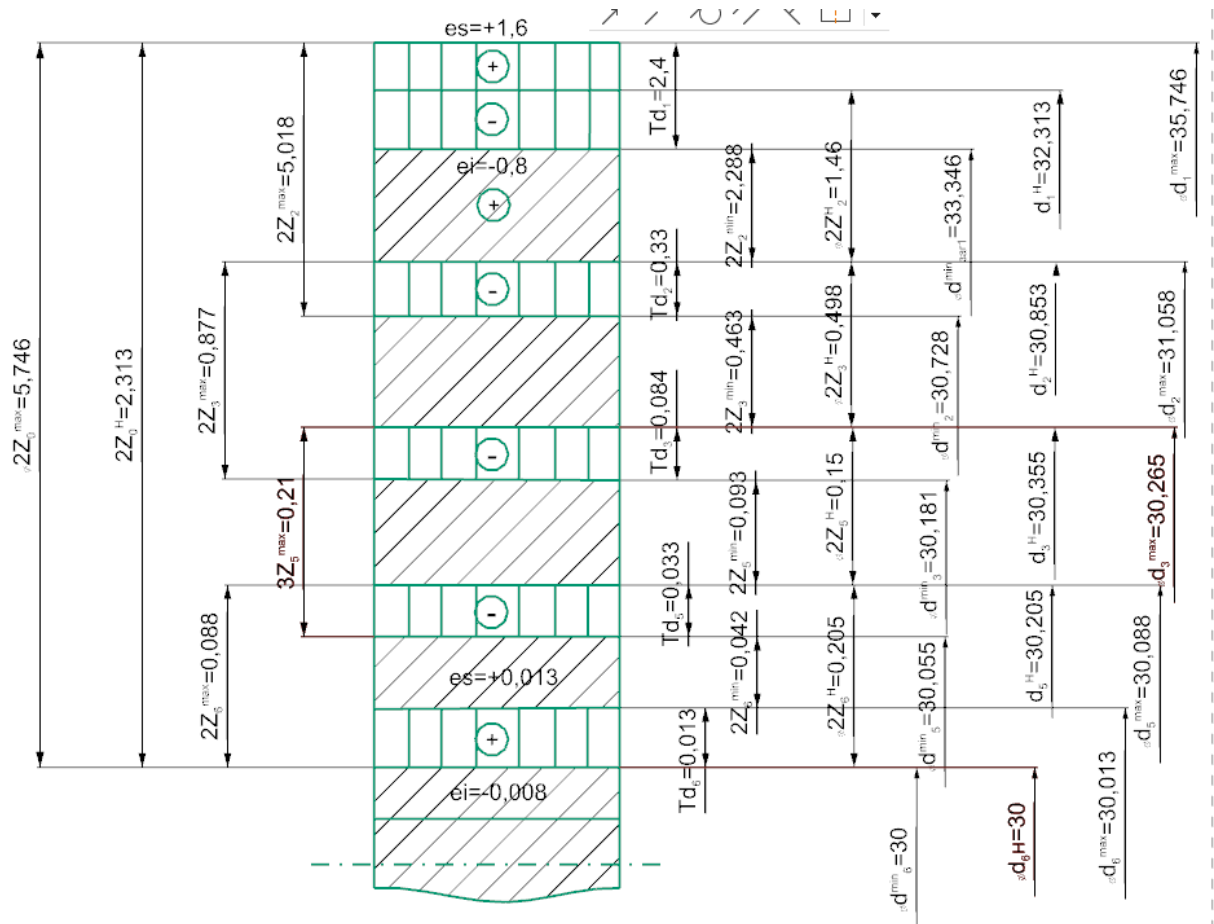


Рисунок 1.6 – Схематичне зображення розподілу допусків, припусків і операційних розмірів

Таблиця розрахункових даних 1.5 – Припуски та операційні розміри

I	Найменування Технологічних переходів	Елементи припуску				Розрахунковий		Допуск	Граничні значення розмірів, мм		Граничні значення припусків, мкм		Виконавчий технологічний розмір d, мм
		$Rz_i$	$h_i$	$\rho_i$ , мкм	$\varepsilon_i$	$2Z$ , мкм	D, мм		Td, мм	$D_{max}$	$D_{min}$	$2Z_{max}$	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 30^{+0,013}_{-0,008}$												
1	Заготовка	140	225	0,62	-	-	34,95	1,6	34,95	33,35	-	-	$\varnothing 34^{+1}_{-0,6}$
2	Т/О	-	-	0,312	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Точіння чорнове	115	75	37,2	472	2288	31,058	0,33	31,058	30,728	4222	2292	$\varnothing 31_{-0,33}$
3	Точіння чистове	20	25	1,49	18,89	463	30,265	0,084	30,265	30,181	877	463	$\varnothing 30,3_{-0,084}$
4	Т/О (СВЧ)	-	-	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування попереднє	10	10	0,045	0,378	93,07	30,088	0,033	30,088	30,055	210	93	$\varnothing 30,088_{-0,033}$
6	Шліфування Завершальне	5	10	0	0	42	30,013	0,005	30,013	30,008	80	42	$\varnothing 30^{+0,013}_{-0,008}$
7	Полірування	1,25	1,25	0	0	-	30,013	-	30,013	30,008	-	-	$\varnothing 30^{+0,013}_{-0,008}$

## 1.6 Розрахунок режимів різання

### 1.6.1 Операція 020 – токарна з ЧПК

На даній операції передбачено виконання чорнової токарної обробки заготовки із застосуванням верстата з ЧПК моделі 16К20Т1 (операційний ескіз наведено на рис. 1.7). Обробка розрахована на 3 переходи.

Чорнова обробка виконується з метою зняття основного припуску та формування геометрії деталі. Після виконання чорнових проходів передбачено залишення припуску під чистову обробку величиною 0,2 мм на сторону.

Ріжучий інструмент: Різець токарний упорний 25мм × 16мм; 2101-0013, матеріал Т15К10, ГОСТ 18879-73 [6].

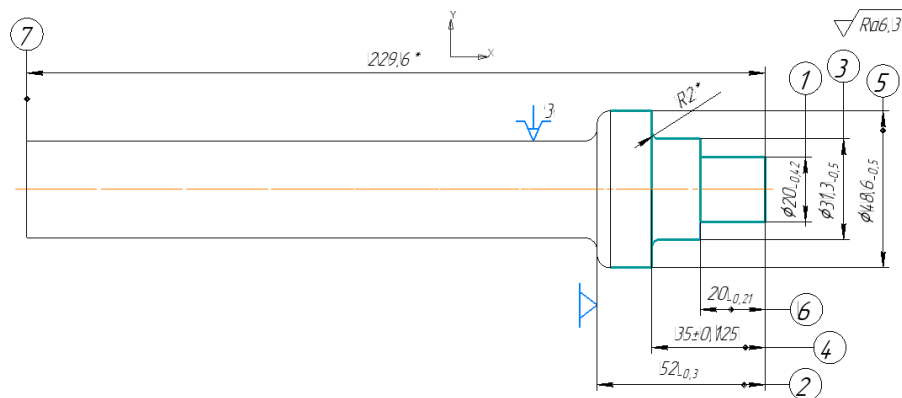


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз до операції № 20

Для 3-х переходів глибина різання визначається за припуском на обробку, формула (1.23) [3]:

$$h = \frac{D_{заг} - D_{дет}}{2}, \quad (1.23)$$

де  $D_{заг}$  – діаметр заготовки, мм;

$D_{дет}$  – операційний діаметр деталі, мм.

$$h_1 = \frac{24 - 20}{2} = 2 \text{ мм};$$

$$h_2 = \frac{34,7 - 31,3}{2} = 1,7 \text{ мм};$$

$$h_3 = \frac{52 - 48,6}{2} = 1,7 \text{ мм}.$$

Глибина різання  $t$ , мм визначається за формулою (1.24) [3]:

$$t = \frac{h}{i}, \quad (1.24)$$

де  $h$  – припуск на обробку, мм;

$i$  – кількість проходів,  $i = 2$ ;

$$t_1 = \frac{2}{2} = 1 \text{ мм};$$

$$t_2 = \frac{1,7}{2} = 0,85 \text{ мм};$$

$$t_3 = \frac{1,7}{2} = 0,85 \text{ мм}.$$

Подача обчислюється за формулою за формулою (1.25) [7]:

$$S_p = S_{от} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (1.25)$$

де  $S_{от}$  – табличне значення подачі,  $S_{от} = 0,35$  мм/об [7]:

$K_{S_1}$  – коефіцієнт, що залежить від твердості деталі  $K_{S_1} = 1,0$  [7];

$K_{S_2}$  – коефіцієнт, що враховує діаметр після обробки,  $K_{S_2} = 0,67$  [7];

$$S_{p1} = 0,35 \cdot 1 \cdot 0,67 = 0,23 \text{ мм/об}$$

За паспортом верстата приймаємо  $S_{np1} = 0,2$  мм/об.

Для другого переходу:

$$K_{S_1} = 1,0;$$

$$K_{S_2} = 0,77;$$

$$S_{p2} = 0,35 \cdot 1 \cdot 0,77 = 0,27 \text{ мм/об}$$

За паспортом верстата прийнято  $S_{np2} = 0,25$  мм/об.

Для 3-го переходу:

$$K_{S_1} = 1,0;$$

$$K_{S_2} = 0,8;$$

$$S_{p3} = 0,35 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,28 \text{ мм/об}$$

За паспортом прийнято  $S_{np3} = 0,25$  мм/об.

Швидкість різання визначається відповідно до формули (1.26), м/хв [7]:

$$V_p = V'_T \cdot K_v \quad (1.26)$$

де  $V'_T = 150,15$  м/хв – табличне значення швидкості різання [7];

$$K_v = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot K_9 \cdot K_{10} \quad (1.27)$$

де  $K_v$  – коефіцієнти, що враховують, для першого переходу:

$K_1$  – охолодження,  $K_1 = 1,0$  [7];

$K_2$  – кут різця в плані,  $K_2=0,8$  [7];

$K_3$  – стан оброблюваної поверхні,  $K_3=1,0$  [7];

$K_4$  – відношення  $\frac{D_{поч}}{D_{кінець}}$ ,  $K_4=1,0$  [7];

$K_5$  – матеріал ріжучого інструменту,  $K_5=1,1$  [7];

$K_6$  – твердість матеріалу,  $K_6=0,9$  [7];

$K_7$  – глибину різання,  $K_7=1,14$  [7];

$K_8$  – подачу,  $K_8=0,97$  [7];

$K_9$  – стійкість інструменту,  $K_9=1,0$  [7];

$K_{10}$  – вид обробки,  $K_{10}=0,5$  [7].

$$K_{V1} = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,14 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,44;$$

$$V_1 = 150,15 \cdot 0,44 = 65,8 \text{ м/хв.}$$

Для другого переходу:

$$K_1 = 1,0;$$

$$K_6 = 0,9;$$

$$K_2 = 0,8;$$

$$K_7 = 1,16;$$

$$K_3 = 1,0;$$

$$K_8 = 0,95;$$

$$K_4 = 1,0;$$

$$K_9 = 1,0;$$

$$K_5 = 1,1;$$

$$K_{10} = 0,61.$$

$$K_{V2} = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,16 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 0,61 = 0,53;$$

$$V_2 = 150,15 \cdot 0,53 = 79,6.$$

Для третього переходу:

$$K_1 = 1,0;$$

$$K_6 = 0,9;$$

$$K_2 = 0,8;$$

$$K_7 = 1,25;$$

$$K_3 = 1,0;$$

$$K_8 = 0,95;$$

$$K_4 = 1,0;$$

$$K_9 = 1,0;$$

$$K_5 = 1,1;$$

$$K_{10} = 0,66.$$

$$K_{V_3} = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,25 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 0,66 = 0,62;$$

$$V_3 = 150,15 \cdot 0,62 = 93,2.$$

Частота обертів шпинделя  $n$ , визначається за формулою (1.28), об/хв [7]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (1.28)$$

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 65,8}{3,14 \cdot 24} = 873,1 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата призначена дійсна частота обертання шпинделя  $n_{np1} = 800$  об/хв;

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 79,6}{3,14 \cdot 34,7} = 730,4 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата прийнято  $n_{np2} = 630$  об/хв;

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 93,2}{3,14 \cdot 52} = 570,8$$

За паспортом верстата прийнято  $n_{np3} = 500$  об/хв;

Дійсна швидкість різання розраховується за формулою (1.29) [4]:

$$V_{\partial} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{np}}{1000}; \quad (1.29)$$

$$V_{\partial 1} = \frac{3,14 \cdot 24 \cdot 800}{1000} = 60,3 \text{ м/хв};$$

$$V_{\partial 2} = \frac{3,14 \cdot 34,7 \cdot 630}{1000} = 68,6 \text{ м/хв};$$

$$V_{\partial 3} = \frac{3,14 \cdot 52 \cdot 500}{1000} = 81,6 \text{ м/хв}.$$

За знайденими вище значеннями для 3-х переходів основний час визначається за формулою (1.30) [4]:

$$t_0 = \frac{L_{px}}{S_0 \cdot n_{np}} \cdot i, \quad (1.30)$$

$$L_{px} = l_{piz} + l_{epiz} + l_{перѐб}, \quad (1.31)$$

де  $L_{px}$  – загальна довжина різання, врізання інструменту та перебігу.

$$L_{px1} = 20 + 2 + 2 = 24 \text{ мм};$$

$$L_{px2} = 35 - 20 + 2 + 2 = 19 \text{ мм};$$

$$L_{px3} = 52 - 35 + 2 + 2 = 21 \text{ мм};$$

$$t_{01} = \frac{24}{0,2 \cdot 800} \cdot 2 = 0,3 \text{ хв};$$

$$t_{02} = \frac{19}{0,25 \cdot 630} \cdot 2 = 0,24 \text{ хв};$$

$$t_{03} = \frac{21}{0,25 \cdot 500} \cdot 2 = 0,34.$$

$$t_{0заг} = 0,3 + 0,24 + 0,34 = 0,88 \text{ хв}.$$

Величина сили різання розраховується за формулою (1.32), Н [8]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (1.32)$$

де  $C_p$  – емпіричний коефіцієнт, що характеризує вид обробки,  $C_p = 300$  [8];

$x, y, n$  – ступеневі показники, що залежать від умов обробки,  
 $x = 1, y = 0,75, n = 0$  [8];

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (1.33)$$

де  $K_{MP}$  - коефіцієнт, що залежить від матеріалу заготовки, розраховується за формулою (1.32) [8]:

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_e}{750} \right)^n, \quad (1.34)$$

де  $n$  – ступеневий показник, що залежить від виду ріжучого інструменту,  
 $n = 0,75$  [8];

$$K_{MP} = \left( \frac{750}{750} \right)^{0,75} = 1.$$

$K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$  - поправочні коефіцієнти, що відображають вплив геометрії різальної частини інструмента на силу різання,  
 $K_{\varphi p} = 0,89, K_{\gamma p} = 1, K_{\lambda p} = 1, K_{rp} = 0,93$  [8].

$$K_p = 1 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,83,$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 65,3^0 \cdot 0,83 = 1009 \text{ Н};$$

Потужність різання визначається за найбільшою швидкістю і порівнюється з номінальною потужністю верстата [6], кВт:

$$N = \frac{P_z \cdot V_3}{1020 \cdot 60}, \quad (1.35)$$

$$N = \frac{1009 \cdot 81,6}{1020 \cdot 60} = 1,35 \text{ кВт} < N_{\text{верст}} = 11 \text{ кВт}.$$

Отже, отримане значення є меншим за допустиме, що підтверджує можливість виконання обробки на даному обладнанні.

### 1.6.2 Операція № 50 фрезерна

На даній операції виконується фрезерування шпонкового пазу (рис.1.8) Для обробки обираємо шпонково-фрезерний верстат моделі 692Д.

Ріжучий інструмент: фреза кінцева з конусом Морзе (шпоночна) з швидкорізальної сталі Р6М5, В = 8мм; число зубців z = 2 шт, 2223-0007, ГОСТ 9140-78 [9].

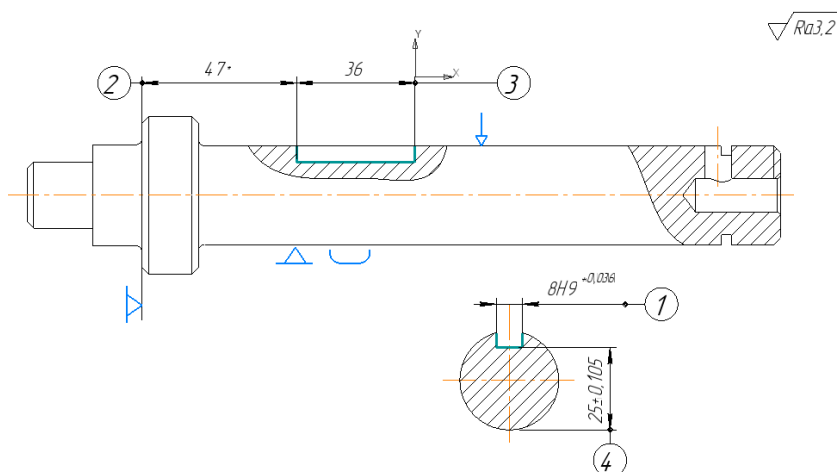


Рисунок 1.8 – Операційний ескіз деталі

Глибина різання розподіляється на 2 проходи:

$$t_1 = 3 \text{ мм};$$

$$t_2 = 2 \text{ мм}.$$

При фрезеруванні шпоночного паза, подача розраховується за формулою (1.36), мм/зуб [10]:

$$S_z = S_{z_T} \cdot K_{S_z}; \quad (1.36)$$

де  $S_{z_T}$  — табличне матричне значення подачі на зуб, мм  $S_{z_T} = 0,07$  [8];

$K_{S_z}$  — узагальнюючий коефіцієнт, що враховує умови фрезерування, визначається за формулою (1.37) [10]:

$$K_{S_z} = K_{S_{zc}} \cdot K_{S_{zu}} \cdot K_{S_{zR}} \cdot K_{S_{z\phi}}, \quad (1.37)$$

де  $K_{S_{zc}}$  — коефіцієнт, що враховує шифр схеми фрезерування,  $K_{S_{zc}} = 1,5$  [10];

$K_{S_{zu}}$  — коефіцієнт, що залежить стійкості різального інструменту,  $K_{S_{zu}} = 1,0$  [10];

$K_{S_{zR}}$  — коефіцієнт, що залежить від шорсткості обробленої поверхні,

$$K_{S_{zR}} = 1,0 \text{ [10];}$$

$K_{S_{z\phi}}$  — коефіцієнт, враховуючий форму обробленої поверхні,  $K_{S_{z\phi}} = 0,66$  [10];

$$K_{S_z} = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,66 = 0,99;$$

$$S_z = 0,07 \cdot 0,99 = 0,069 \approx 0,07 \text{ мм/зуб};$$

Швидкість різання визначається за формулою (1.38), м/хв [10]:

$$V = V_T \cdot K_v \quad (1.38)$$

де  $V_T$  — це таблична швидкість,  $V_T = 61$  м/хв [10];

$K_v$  – загальний поправочний коефіцієнт, що враховує умови різання і визначається за формулою (1.39) [10]:

$$K_v = K_{v_M} \cdot K_{v_H} \cdot K_{v_{II}} \cdot K_{v_\phi} \cdot K_{v_O} \cdot K_{v_B}, \quad (1.39)$$

де  $K_{v_M}$  – коефіцієнт, що залежить від матеріалу та групи оброблюємого матеріалу,  $K_{v_M} = 1,0$  [10];

$K_{v_H}$  – коефіцієнт, враховуючий матеріал інструменту,  $K_{v_H} = 1,0$  [10];

$K_{v_{II}}$  – коефіцієнт, враховуючий стан оброблюваної поверхні,  $K_{v_{II}} = 1,0$  [10];

$K_{v_\phi}$  – коефіцієнт, враховуючий форму оброблюваної поверхні,  $K_{v_\phi} = 0,57$  [10];

$K_{v_O}$  – коефіцієнт, враховуючий умови роботи,  $K_{v_O} = 1,2$  [10];

$K_{v_B}$  – коефіцієнт, враховуючий відношення фактичної ширини фрезерування до нормативної,  $K_{v_B} = 1,13$  [10];

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,57 \cdot 1,2 \cdot 1,13 = 0,77,$$

$$V = 61 \cdot 0,77 = 47 \text{ м/хв};$$

Частота обертання фрези визначається за формулою, об/хв (1.40) [10] :

$$n = \frac{1000V}{\pi D_{\phi p}}, \quad (1.40)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 47}{3,14 \cdot 8} = 1871 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата прийнято  $n_{np} = 1600$  об/хв.

Розрахункове значення частоти обертання шпинделя  $n_{np} = 1600$  об/хв не перевищує можливості обладнання.

Дійсна швидкість перераховується за формулою (1.29):

$$V_{\partial} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 1600}{1000} = 40,2 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок основного часу визначається за формулою (1.41), мм/хв [10]:

$$S_M = S_z \cdot z \cdot n, \quad (1.41)$$

$$S_M = 0,07 \cdot 2 \cdot 1600 = 224 \text{ мм/хв}$$

Прийнято час хвилинної подачі  $S_M = 220$  мм/хв.

Перераховуємо подачу на зуб по прийнятій хвилинній:

$$S_z = \frac{220}{2 \cdot 1600} = 0,069 = 0,07 \text{ мм/зуб.}$$

За формулою (1.42) визначається машинний час [10]:

$$t_0 = \frac{t + l_1}{S_M} + \frac{l}{S_M} \cdot i, \quad (1.42)$$

де  $l$  – довжина фрезерування,  $l = 36$  мм;

$l_1$  – довжина врізання, мм, визначається відповідно до формули (1.43) [10];

$$l_1 = 0,5D \cdot \sin\left(\arccos\left(1 - \frac{2t}{D}\right)\right), \quad (1.43)$$

$$l_1 = 0,5 \cdot 8 \cdot \sin\left(\arccos\left(1 - \frac{2 \cdot 5}{8}\right)\right) = 3,87 \text{ мм};$$

$$t_0 = \frac{5 + 3,87}{220} + \frac{36}{220} \cdot 2 = 0,36 \text{ хв.}$$

Величина окружної сили різання при фрезеруванні розраховується за формулою (1.44), Н [8]:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad (1.44)$$

де  $C_p$  – коефіцієнт, який показує питомий опір різанню, залежить від оброблюємого матеріалу,  $C_p = 68,2$  [8];

За табл. 41 [8] знаходимо коефіцієнти  $x, y, u, q, w$ :

$$x = 0,86;$$

$$u = 1,0;$$

$$y = 0,72;$$

$$q = 0,86;$$

$$w = 0;$$

$z$  – кількість зубів фрези,  $z = 2$ ;

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_s}{750}\right)^n = \left(\frac{750}{750}\right)^{0,3} = 1,0 \text{ [8];}$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 2,5^{0,86} \cdot 0,07^{0,72} \cdot 8^{1,0} \cdot 2}{7^{0,86} \cdot 1600^0} \cdot 1,0 = 593,77 \approx 594 \text{ Н};$$

Крутний момент на шпинделі визначається за формулою (1.45), Н·м [8]:

$$M = \frac{P_z \cdot D_{\phi p}}{2 \cdot 1000}, \quad (1.45)$$

$$M = \frac{594 \cdot 8}{2 \cdot 1000} = 2,4 \text{ Н·м.}$$

Потужність різання визначається за формулою (1.46), кВт [8]:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}, \quad (1.46)$$

$$N = \frac{594 \cdot 35}{1020 \cdot 60} = 0,339 \text{ кВт.}$$

$$N_{розр} = 0,339 < N_{верст} 3,42.$$

Отже, розрахункова потужність не перевищує можливості верстата.

### 1.6.3 Операція №80 – круглошліфувальна

На даній операції виконується попереднє шліфування шийки вала діаметром 30 мм на довжині 177,6 мм (рис. 1.9). Поверхня є відповідальною, оскільки після завершального шліфування необхідно забезпечити поле допуску  $g7$  та задану шорсткість поверхні.

Для обробки використовується круглошліфувальний верстат 3Б153.

Інструмент: шліфувальний круг 1 – 400×25×127 мм, 25А 40СМ1К, ГОСТ 2424-83.

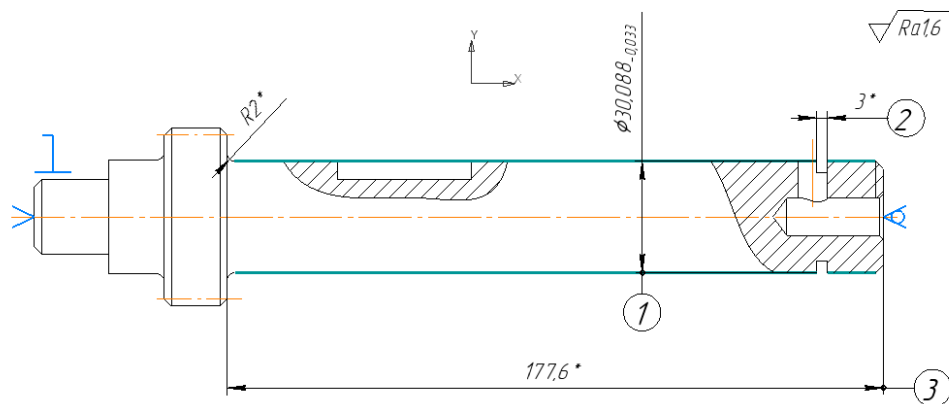


Рисунок 1.9 – Ескіз круглошліфувальної операції

За формулою (1.23) визначається глибина різання:

$$h = \frac{30,3 - 30,088}{2} = 0,106 \text{ мм},$$

Повздовжня подача на оберт деталі встановлюється відповідно до формули (1.47) [10]:

$$S_{нов} = K \cdot B_{\kappa}, \quad (1.47)$$

де  $K$  – коефіцієнт подачі,  $K = 0,4$ ,

$B_{\kappa}$  – ширина кола,  $B_{\kappa} = 25 \text{ мм}$ .

$$S_{нов} = 0,4 \cdot 25 = 10 \text{ мм/об};$$

Кількість проходів встановлюється залежно від формули (1.24):

$$i = \frac{0,106}{0,02} = 5 \text{ проходів.}$$

Число обертів деталі, знаходиться за формулою (1.49) [10]:

$$n_{дет} = \frac{1000 \cdot V_{дет}}{\pi \cdot d}, \quad (1.49)$$

де  $V_{дет}$  – робоча швидкість деталі,  $V_{дет} = 18 \text{ м/хв}$  [10];

$$n_{дет} = \frac{1000 \cdot 18}{3,14 \cdot 30} = 191,1 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата прийнято  $n_{\kappa} = 1670 \text{ об/хв}$ ,  $n_{дет} = 160 \text{ об/хв}$ .

Дійсна швидкість деталі і кола обчислюються за формулами (1.51), (1.52) [10]:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{дет}}{1000}, \quad (1.51)$$

$$V_k = \frac{\pi \cdot d_k \cdot n}{1000 \cdot 60}, \quad (1.52)$$

$$V_{дет} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 160}{1000} = 15 \text{ м/хв},$$

$$V_k = \frac{3,14 \cdot 400 \cdot 1670}{1000 \cdot 60} = 35 \text{ м/с}.$$

Розрахунок основного часу визначається за формулами (1.53), (1.54), хв [10]:

$$t_0 = \frac{L_{px}}{S_{нов} \cdot n_{дет}} \cdot i, \quad (1.53)$$

$$L_{px} = l_{дет} + \Delta L, \quad (1.54)$$

де  $\Delta L$  – відстань, на яку коло має вийти за межі заготовки;

$$\Delta L = 0,3 \cdot B_k, \quad (1.55)$$

$$\Delta L = 0,3 \cdot 25 = 7,5 \text{ мм},$$

$$L_{px} = 177,6 + 7,5 = 185,1 \text{ мм}.$$

$$t_0 = \frac{185,1}{10 \cdot 160} \cdot 5 = 0,58 \text{ хв}.$$

Аналогічним методом розраховуємо режими різання для інших операцій, дані заносимо до табл. 1.8.

Таблиця 1.8 – Режими різання для деталі «Вал-шестерня»

№ оп.	Назва операції	№ перек.	Ріж. інструмент	Матеріал	$\varphi^\circ$	проход. $i$	Режими різання			
							$t$ , мм	$S$ , мм/об	$n$ , мм/об	$V$ , м/хв
15	Фрезерно-центрувальна	01	Фреза торцева ГОСТ 26595-85; 2214-0352 [11]	ВК8	90	1	1	0,15	800	100,5
		02	Свердло центровочне ГОСТ 14952-75; 2317-0166 [12]	Р6М5	60	1	3	0,03	1250	12,36
20	Токарна з ЧПК	01	Див. п. 1.6, оп.20		90	2	1	0,2	800	60,3
		02				2	0,85	0,25	630	68,6
		03				2	0,85	0,25	500	81,6
25	Токарна з ЧПК	01			90	2	0,75	0,16	800	85,4
30	Свердлильна	01	Свердло центровочне ГОСТ14952-75; 2317-0103 [12]	Р6М5	60	1	2	0,03	1250	12,36
		02	Свердло ГОСТ 10902-77; 2300-2602 [13]	Р6М5	118	1	10	0,15	1000	25,12
35	Свердлильна	01	Свердло ГОСТ 10902-77; 2300-2622 [13]	Р6М5	118	1	26	0,18	1250	39,25
40	Токарна з ЧПК	01	Різець токарний прохідний ГОСТ 18877-73;	Т15К6	90	2	0,15	0,12	1250	122,9
		02	25мм×16мм; 2102-0005 [14]			2	0,2	0,12	800	124,1
45	Токарна з ЧПК	01	Різець токарний прохідний ГОСТ 18877-73; 2102-0005 [14]	Т15К6	90	2	0,18	0,11	1250	121,7
		02	Різець прорізний (канавочний) ГОСТ_2209-90; В=3 мм; 2130-0003; [16]	Т15К6	0	1	3	0,1	500	37,7
50	Фрезерна	01	Див. п. 1.6, оп. 50	Р6М5	90	2	5	0,07	1600	40,2
55	Зубофрезерна	01	Дискова фреза, m1,75×№5, ГОСТ 10996-64 [16]	Р6М5	20	2	3,94	0,125	125	19
80	Круглошліфувальна	01	Див. п. 1.6 оп. 80			5	0,053	10	160/1670	15/35
		02				9	0,022	7,5	160/1670	15/35
85	Зубошліфульна	01				1	0,05	0,011	160	26

## 1.7 Технічне нормування операцій

### 1.7.1 Технічне нормування операції №20 токарна з ЧПК

Допоміжний час визначається за формулою (1.56):

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{уст.зн}} + t_{\text{пр.рух}} + t_{\text{зм.ін}} + t_{\text{заг.стр}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.56)$$

де  $t_{\text{уст.зн}}$  – установка та зняття деталі,  $t_{\text{уст.зн}} = 0,10$  хв [13];

$t_{\text{пр.рух}}$  – підвід або відвід інструмента (холостий хід), визначається за формулою (1.57):

$$t_{\text{пр.рух}} = t_{\text{табл}} \cdot k_{\text{сер}} \cdot i, \quad (1.57)$$

де  $t_{\text{табл}} = 0,04$  хв [14];

$k_{\text{сер}}$  – коефіцієнт, що характеризує середньосерійний тип виробництва,

$k_{\text{сер}} = 1,85$  [14];

$i$  – кількість маневрів;

$$t_{\text{пр.рух}} = 0,04 \cdot 1,85 \cdot 6 = 0,444 \text{ хв};$$

$t_{\text{зм.ін}}$  – поворот револьверної головки,  $t_{\text{зм.ін}} = 0,015$  [14];

$t_{\text{заг.стр}}$  – встановити захисний екран від стружки,  $t_{\text{заг.стр}} = 0,05$  хв [13];

$t_{\text{контр}}$  – час на контроль розмірів, визначається за формулою (1.58):

$$t_{\text{контр}} = k \cdot t_{\text{кп}} \cdot i, \quad (1.58)$$

де  $k$  – кожна третя деталь,  $k = 33\%$ ;

$t_{\text{кп}}$  – час на вимірювання контрольними приладами:

$$t_{\text{кп1}} = 0,04 \cdot 3 = 0,12 \text{ хв [14];}$$

$$t_{kn2} = 0,12 \cdot 3 = 0,36 [14];$$

$$t_{контр} = 0,33 \cdot (0,12 + 0,36) = 0,16 \text{ хв};$$

$$t_{доп} = 0,10 + 0,444 + 0,015 + 0,05 \cdot 2 + 0,16 = 0,82 \text{ хв};$$

Операційний час обчислюється за формулою (1.59):

$$t_{он} = t_{осн} + t_{доп}, \quad (1.59)$$

$$t_{он} = 0,88 + 0,82 = 1,7 \text{ хв};$$

де  $t_{осн} = 0,88$  хв (див. п. 1.6, оп. 20);

Додатковий час обчислюється за формулою (1.60):

$$t_{дод} = t_{он} \cdot \alpha_{\Sigma}, \quad (1.60)$$

де  $\alpha_{\Sigma}$  - час на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби,  $\alpha_{\Sigma} = 6\%$  [14];

$$t_{дод} = 1,7 \cdot 0,06 = 0,102 \text{ хв};$$

Штучний час, розраховується за формулою (1.61):

$$t_{ум} = t_{он} + t_{дод}, \quad (1.61)$$

$$t_{ум} = 1,7 + 0,102 = 1,8 \text{ хв};$$

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою (1.62):

$$T_{ум-к} = t_{ум} + \frac{t_{n-3}}{n}, \quad (1.62)$$

де  $n = 11$  деталей, (див. п.1.2);

$t_{n-3}$  – підготовчо-заключний час:

$t_{n-3_1}$  – час на налагодження,  $t_{n-3_1} = 11$  хв [14];

$t_{n-3_2}$  – час на отримання та повернення інструменту,  $t_{n-3_2} = 10$  хв [14];

$$t_{n-3} = 11 + 10 = 21 \text{ хв};$$

$$T_{\text{шт-к}} = 1,8 + \frac{21}{12} = 3,55 \text{ хв.}$$

### 1.7.2 Нормування операції №50

Допоміжний час обчислюється за формулою (1.63):

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{уст.зн}} + t_{\text{кер}} + t_{\text{пр.рух}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.63)$$

де  $t_{\text{уст.зн}} = 0,19$  хв [13];

$$t_{\text{кер}} = t_{\text{вмик-вим}} \cdot i + t_{\text{перем.под}} \cdot j + t_{\text{заг.стр}} \cdot k, \quad (1.64)$$

де  $t_{\text{вмик-вим}} = 0,01 \cdot 1,85 = 0,019$  хв [14];

$t_{\text{перем.под}} = 0,06$  хв [13];

$t_{\text{заг.стр}} = 0,16$  хв [13];

$$t_{\text{кер}} = 0,019 \cdot 2 + 0,06 \cdot 2 + 0,16 \cdot 2 = 0,478 \text{ хв};$$

За формулою (1.57) розраховується підвід або відвід інструмента:

$$t_{\text{пр.рух}} = 0,04 \cdot 1,85 \cdot 4 = 0,3 \text{ хв};$$

Відповідно до формули (1.58) обчислюється час на вимірювання контрольними приладами:

$$t_{кн1} = 0,09 \cdot 1,85 \cdot 2 = 0,333 \text{ хв [14];}$$

$$t_{кн2} = 0,12 \cdot 1,85 = 0,222 \text{ [14];}$$

$$t_{контр} = 0,33 \cdot (0,333 + 0,222) = 0,18 \text{ хв;}$$

$$t_{дон} = 0,19 + 0,478 + 0,3 + 0,18 = 1,15 \text{ хв;}$$

Операційний час обчислюється за формулою (1.59):

$$t_{он} = 0,39 + 1,15 = 1,54 \text{ хв;}$$

де  $t_{осн} = 0,39$  хв (див. п. 1.6, оп. 50);

Відповідно до формули (1.60) розраховується додатковий час:

$$t_{дод} = 1,54 \cdot 0,12 = 0,185 \text{ хв;}$$

Відповідно до формули (1.61) розраховується штучний час:

$$t_{ум} = 1,54 + 0,185 = 1,725 \text{ хв;}$$

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою (1.62):

$t_{n-3_1}$  – час на налагодження верстата,  $t_{n-3_1} = 14$  хв [13];

$t_{n-3_2}$  – час на установлення інструменту,  $t_{n-3_2} = 2$  хв [13];

$t_{n-3_3}$  – час на отримання інструменту, наряду  $t_{n-3_3} = 7$  хв;

$$t_{n-3} = 14 + 2 + 7 = 23 \text{ хв;}$$

$$T_{ум-к} = 1,63 + \frac{23}{12} = 3,55 \text{ хв.}$$

### 1.7.3 Нормування операції №80

$$t_{уст.зн} = 0,35 \text{ хв [13];}$$

$$t_{перем.под} = 0,05 \text{ хв [13];}$$

$$t_{вмик-вим} = 0,01 \cdot 1,85 = 0,019 \text{ [14];}$$

$$t_{заг.стр} = 0,09 \text{ [13];}$$

За формулою (1.64) розраховуємо час на керування верстатом:

$$t_{кер} = 0,019 \cdot 2 + 0,05 + 0,09 \cdot 2 = 0,268 \text{ хв;}$$

$$t_{пр.рух} = 0,04 \cdot 1,85 \cdot 2 = 0,148 \text{ хв [14];}$$

$$t_{зм.ін} = 0,08 \cdot 1,85 = 0,148 \text{ хв [14];}$$

Відповідно до формули (1.58) обчислюється час на вимірювання контрольними приладами:

$$t_{кп1} = 0,08 \cdot 1,85 = 0,148 \text{ хв [14];}$$

$$t_{кп2} = 0,15 \cdot 1,85 = 0,278 \text{ хв [14];}$$

$$t_{контр} = 0,33 \cdot (0,148 + 0,278) = 0,141 \text{ хв;}$$

За формулою (1.63) визначаємо допоміжний час:

$$t_{дон} = 0,35 + 0,268 + 0,148 + 0,148 + 0,141 = 1,06 \text{ хв;}$$

За формулою (1.59) знаходимо операційний час:

$$t_{он} = 0,58 + 1,06 = 1,64 \text{ хв;}$$

де  $t_{оч} = 0,58$  хв (п. 1.6, оп. 80);

Додатковий час визначаємо за формулою (1.60):

$$t_{дод} = 0,58 \cdot 0,06 = 0,035 \text{ хв,}$$

Відповідно до формули (1.61) розраховується штучний час:

$$t_{шт} = 1,64 + 0,035 = 1,67 \text{ хв;}$$

За формулою (1.62) обчислюється штучно-калькуляційний час:

$$t_{n-31} = 12 \text{ хв; [14];}$$

$$t_{n-32} = 10 \text{ хв [14];}$$

$$T_{шт-к} = 1,67 + \frac{22}{12} = 3,5 \text{ хв.}$$

Аналогічним методом розраховуємо технічне нормування для інших операцій. Дані заносимо до табл. (1.9)

Таблиця 1.9 – Зведена таблиця норм часу

№ оп	Назва операції	$t_{он}$ , хв	$t_{доп}$ , хв	$t_{дод}$ , хв	$t_{шт}$ , хв	$t_{n-3}$ , хв	$t_{шт-к}$ , хв
015	Фрезерно-центрувальна	2,135	2	0,13	2,265	26	4,43
020	Токарна з ЧПК	1,7	0,82	0,102	1,8	21	3,55
025	Токарна з ЧПК	2,2	0,76	0,132	2,332	21	4,082
030	Свердлильна	0,66	0,54	0,04	1,344	16	2,677
035	Свердлильна	0,53	0,45	0,032	0,56	12	1,56
040	Токарна з ЧПК	1,7	0,82	0,102	1,8	21	3,55
045	Токарна з ЧПК	2,2	0,76	0,132	2,332	21	4,082
050	Фрезерна	0,85	1,15	0,185	1,63	23	3,55
055	Зубофрезерна	6,63	0,8	0,398	7,03	12	8,03
080	Кругло-шліфувальна	1,64	1,06	0,035	1,67	22	3,5
085	Кругло-шліфувальна	1,94	0,55	0,083	2,02	22	4,02
090	Зубошліфувальна	1,15	0,73	0,0609	0,061	16	1,39

## 1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

Для операції №50 фрезерування шпоночного пазу та операції №35 свердлення отвору з попередньою центровкою розробляється керуюча програма з використанням системи Siemens NX. На початковому етапі окремо створюються тривимірні моделі деталі та заготовки (рис. 1.10), які надалі імпортуються до програмного середовища для виконання обробки.

### 1.8.1 Операція № 50

Об'єднана модель деталі і заготовки (рис. 1.10)

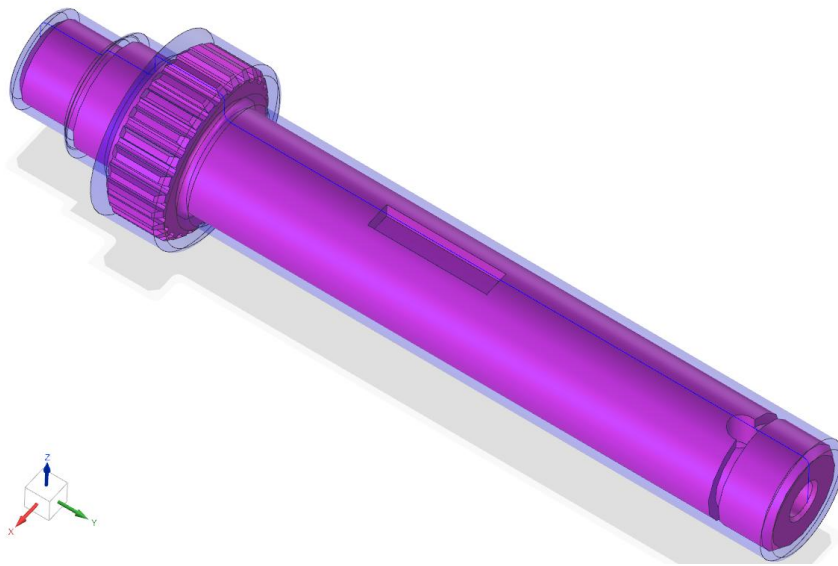


Рисунок 1.10 – Суміщення 3-D моделі робочої деталі та заготовки

Задається система координат верстата та визначається площина безпеки, що забезпечує коректність побудови траєкторій інструмента (рис.1.11).

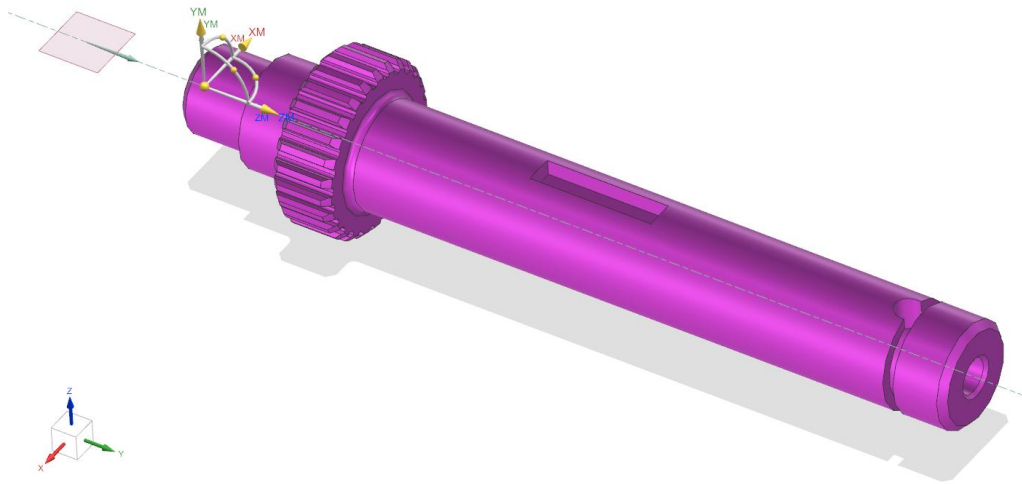


Рисунок 1.11 - Система координат верстата

Створення різального інструменту (рис.1.12)

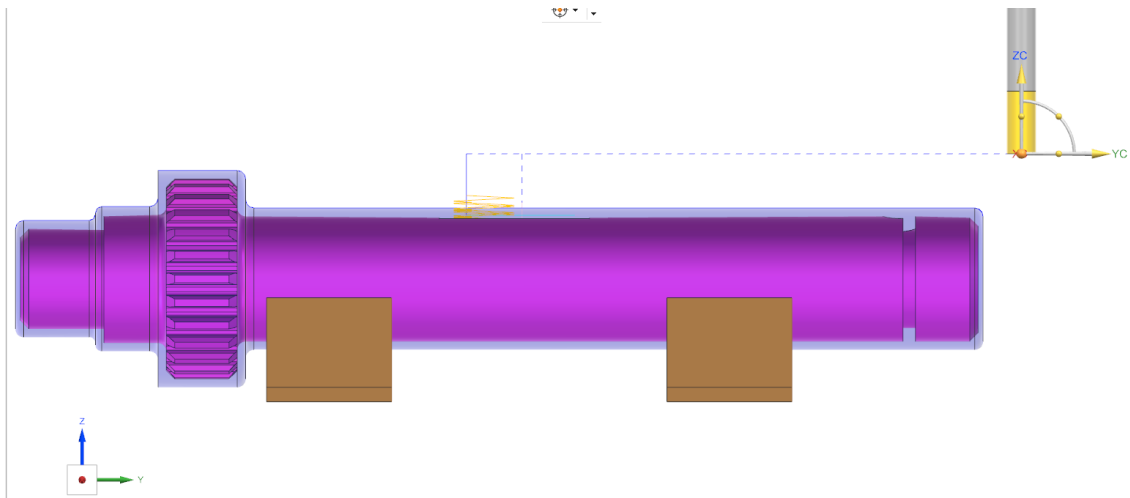


Рисунок 1.12 – Вибір інструменту

Створення операції «Фрезерування карману» (рис.1.13)

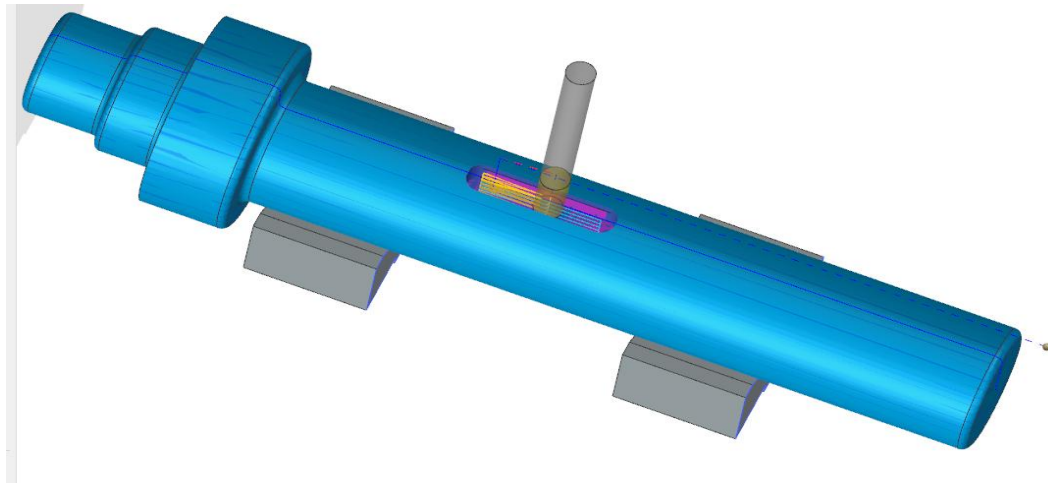


Рисунок 1.13 – Візуалізація фрезерної операції

### 1.8.2 Операція 035

Створення інструменту (рис.1.14) - свердло центровочне [12]

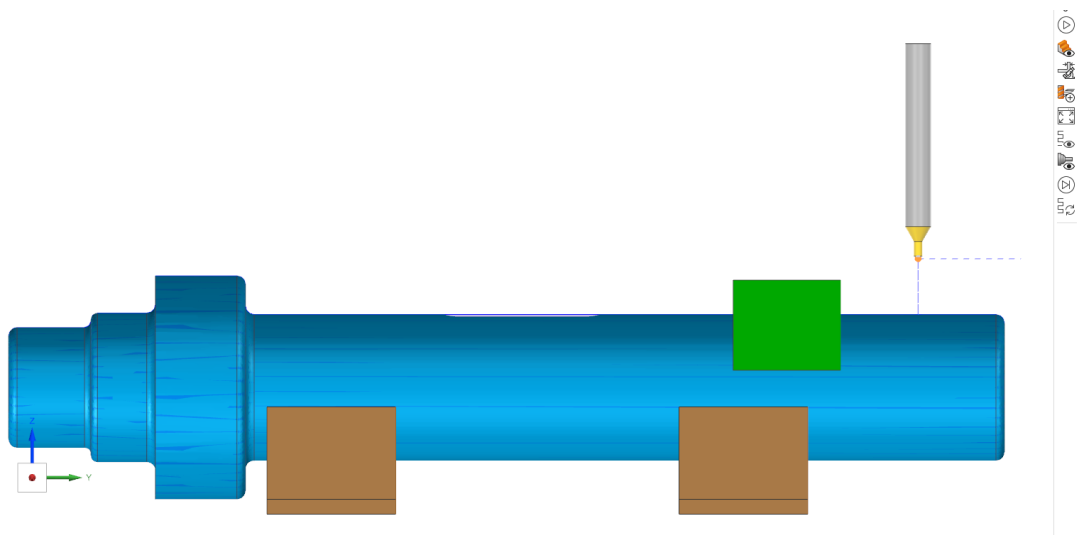


Рисунок 1.14 – Вибір інструменту

Створення операції центрування отвору для забезпечення точного входу свердла (рис. 1.15)

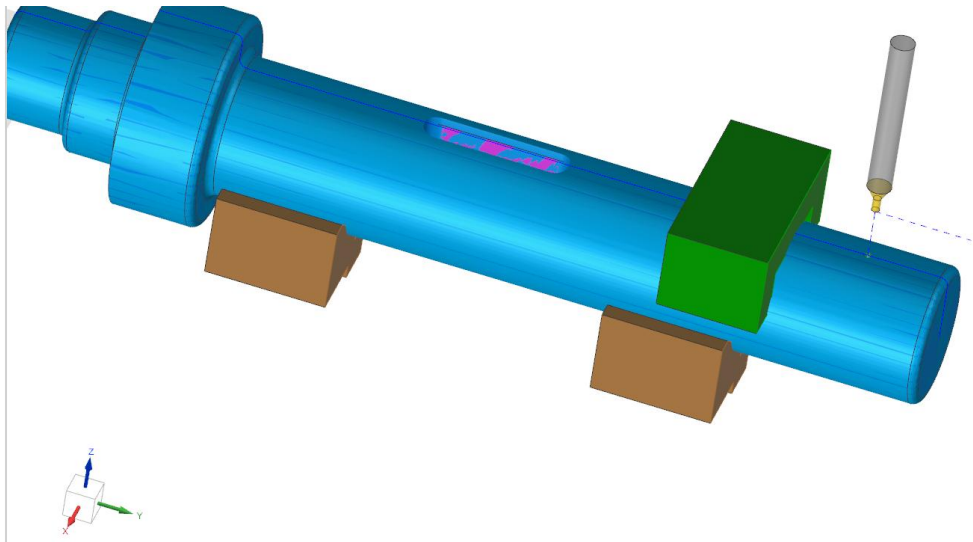


Рисунок 1.15 – Візуалізація траєкторії інструменту

Створення різального інструменту (рис.1.16) – свердло [13]

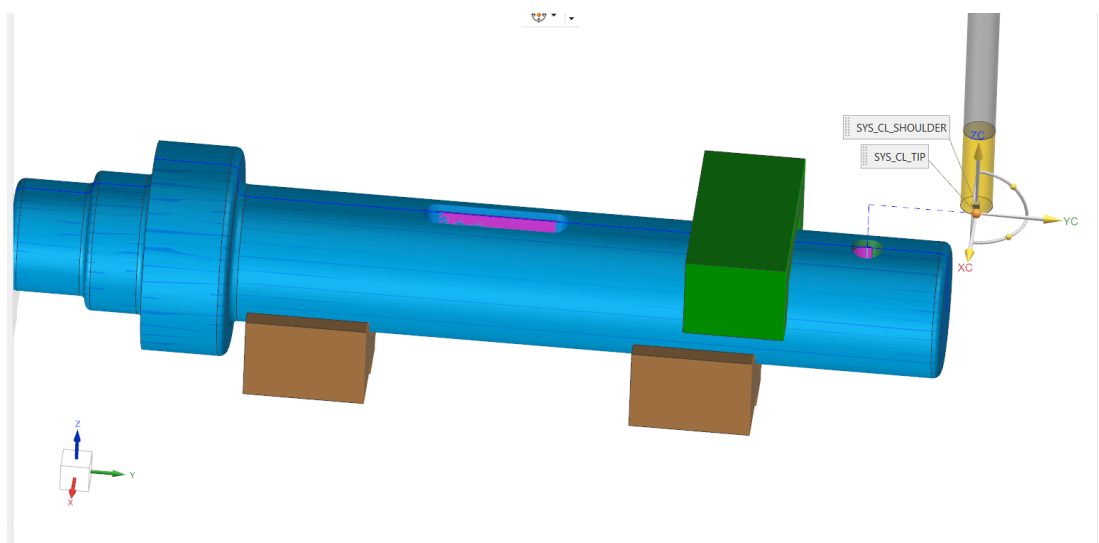


Рисунок 1.16 – Вибір інструменту

Виконання операції свердлення отвору після попереднього центрування із налаштуванням параметрів різання та умов обробки (рис.1.17).

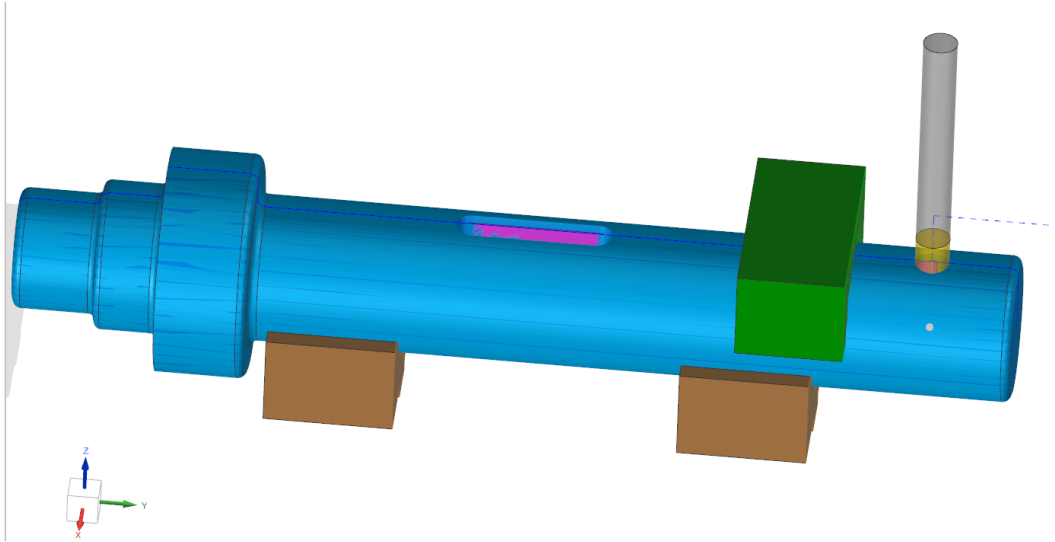


Рисунок 1.17 – Візуалізація свердління отвору

Візуалізація деталі після механічної обробки (рис. 1.18)

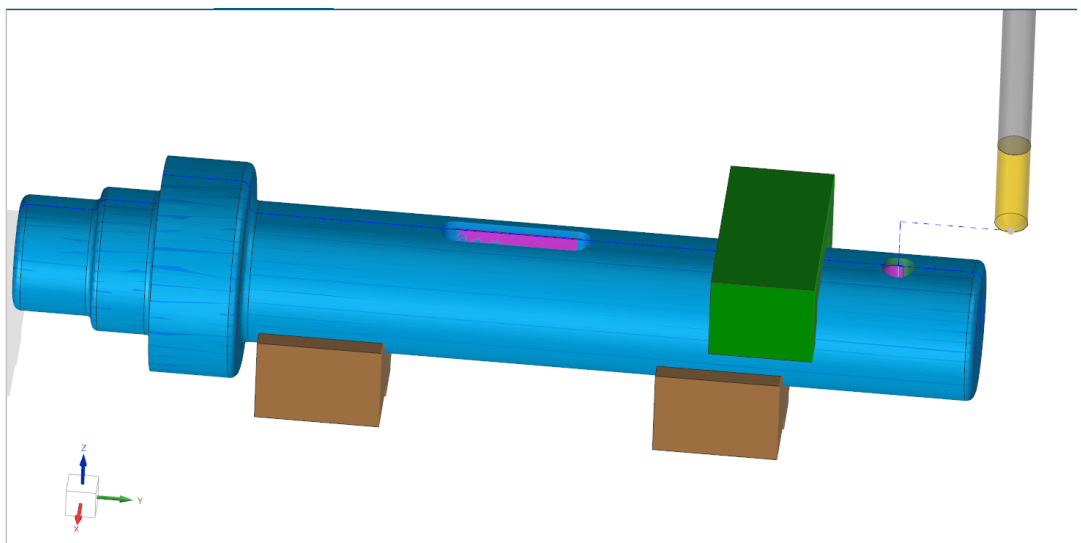


Рисунок 1.18 – Результат обробки свердильної та фрезерної операцій

## 2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 2.1 Проектування робочого пристосування

#### 2.1.1 Конструкція та принцип роботи робочого пристосування

Пристосування (рис. 2.1) призначене для закріплення вала  $\varnothing 30$  мм під час операції фрезерування шпоночного паза. Основним робочим елементом пристосування є пневматичний затискний механізм 1, який забезпечує швидке та надійне фіксування деталі без участі оператора в процесі механічного затиску.

Перед початком обробки заготовку встановлюють у призматичні опори 9, що забезпечують її точне базування відносно різального інструмента. Після встановлення деталі у пневмоциліндр подається стиснене повітря, внаслідок чого поршень, розташований усередині пневмоциліндра, переміщується разом зі штоком та приводить у рух клиновий елемент 4. Переміщення клина викликає поворот важелів 10 навколо осей, у результаті чого створюється затискне зусилля. Під дією цього зусилля заготовка щільно притискається до базових поверхонь призматичних опор, що забезпечує сталість її положення та зменшення похибки базування під час фрезерування шпонкового паза.

Після завершення обробки напрям подачі стисненого повітря стравлюється, що спричиняє зворотний рух поршня і штока. Клин 4 повертається у вихідне положення, а важелі 10 під дією пружини 5 розмикаються, здійснюючи розтиск заготовки.

Застосування пневматичного затиску в даному пристосуванні підвищує продуктивність праці, знижує втому оператора, а також покращує точність і повторюваність розмірів шпоночних пазів за рахунок стабільного притискного зусилля.

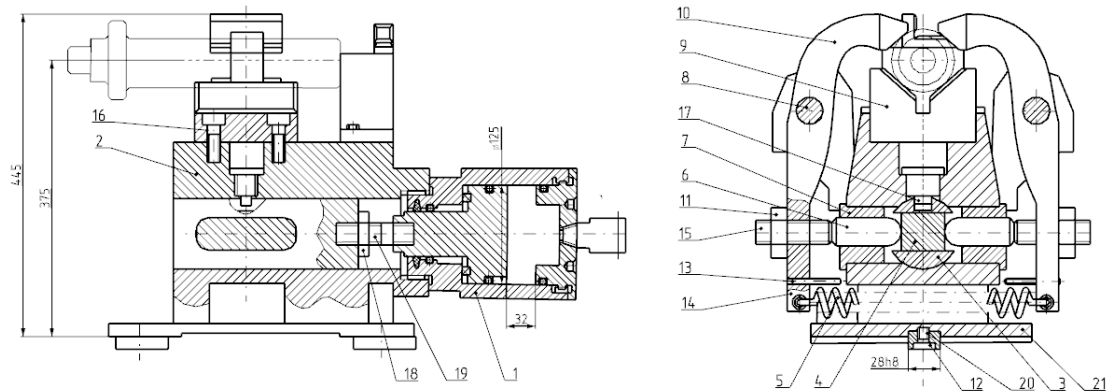


Рисунок 2.1 - Пристосування для фрезерування шпоночного пазу

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

Похибка встановлення визначається за формулою (2.1) [15]:

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

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

$\varepsilon_{зак}$  – похибка закріплення.

Деталь встановлюється на призму (рис. 2.2) з кутом  $90^\circ$ , по шийці  $\varnothing 30^{+0,007}_{-0,02}$ .

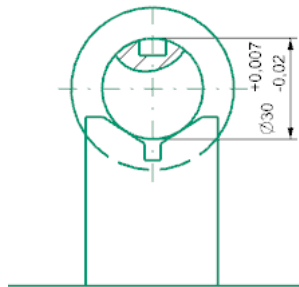


Рисунок 2.2 – Схема установки деталі на призму

Похибка базування визначається за формулою (2.2) [15]:

$$\varepsilon_{\bar{o}} = K_1 \cdot T_d \quad (2.2)$$

де  $T_d$  – допуск на діаметр базування;

$K_1$  – коефіцієнт, що залежить від кута призми,  $K_1=0,21$  [15];

$$\varepsilon_{\bar{o}} = 0,21 \cdot 0,027 = 0,00567 \text{ мм}$$

Похибка закріплення визначається умовами закріплення деталі. У даному випадку при встановленні у призмах та осьовому затиску, для чисто обробленої поверхні, згідно з [15],  $\varepsilon_{зак} = 0,04$  мм.

Отримані значення підставляємо у формулу (2.1):

$$\varepsilon_{вст} = \sqrt{0,00567^2 + 0,04^2} = 0,04 \text{ мм.}$$

Проводиться розрахунок на точність фрезерного пристосування. А саме – розрахунок виконавчих розмірів установа.

Розрахунок установу при обробці шпоночного пазу в розмір  $A_1 = 25 \pm 0,105$ . Деталь встановлена на призму  $D = 30_{-0,02}^{+0,007}$ .

Усереднений розмір оброблюваної поверхні розраховується відповідно до формули (2.3) [15]:

$$A_{1сер} = A_1 - \frac{T_{A1}}{2}, \quad (2.3)$$

$$A_{1сер} = 25 - \frac{(0,105 + 0,105)}{2} = 24,895 \text{ мм;}$$

Усереднений діаметр механічної обробки обчислюється за формулою (2.4) [15]:

$$D_{сер} = D - \frac{TD}{2}, \quad (2.4)$$

$$D_{сер} = 30 - \frac{0,007 + 0,02}{2} = 29,9865 \text{ мм};$$

Усереднений радіус поверхні обчислюється за формулою (2.5) [15]:

$$R_{сер} = \frac{D_{сер}}{2}, \quad (2.5)$$

$$R_{сер} = \frac{29,9865}{2} = 14,99 \text{ мм};$$

Середнє значення  $B_{1сер}$  обчислюється за формулою (2.6) [15]:

$$B_{1сер} = \frac{R_{сер}}{\sin 45} \quad (2.6)$$

$$B_{1сер} = \frac{14,99}{0,7} = 21,4 \text{ мм};$$

Допустиме відхилення розміру  $B_{1сер}$  знаходиться за формулою (2.7) [15]:

$$T_{B1} = \pm \frac{TD}{4}, \quad (2.7)$$

$$T_{B1} = \pm \frac{0,027}{4} = \pm 0,007 \text{ мм};$$

Усереднене значення  $B_{2сер}$  обчислюється за формулою (2.8) [15]:

$$B_{2сер} = A_{1сер} - R_{сер}, \quad (2.8)$$

$$B_{2сер} = 24,895 - 14,99 = 9,9 \text{ мм};$$

Допустиме відхилення розміру  $B_{2сер}$  визначається за формулою (2.9)

[15]:

$$T_{B2} = \pm \left( \frac{T_{A1}}{2} - \frac{TD}{4} \right), \quad (2.9)$$

$$T_{B2} = \pm \left( \frac{0,210}{2} - \frac{0,027}{4} \right) = \pm 0,098 \text{ мм};$$

Середня величина розміру щупа  $S_{сер}$  розраховується за формулою (2.10)

[15]:

$$S_{сер} = S_{\min} - \frac{T_S}{2}, \quad (2.10)$$

$$S_{сер} = 3 - \frac{0,004}{2} = 2,998 \text{ мм};$$

Усереднений розмір установа  $H_{сер}$  визначається за формулою (2.11) [15]:

$$H_{сер} = B_{1сер} + B_{2сер} - S_{сер}, \quad (2.11)$$

$$H_{сер} = 21,4 + 9,9 - 2,998 = 28,3 \text{ мм};$$

Допустиме відхилення розміру  $T_H$  визначається за формулою (2.12) [15]:

$$T_H = T_{B1} + T_{B2} + T_s, \quad (2.12)$$

$$T_H = 0,007 + 0,098 + 0,004 = 0,109 \text{ мм};$$

Поле допуску установочного розміру з урахуванням середньоекономічної точності.  $T_{H.уст}$  обчислюється за формулою (2.13) [15]:

$$T_{H.уст} \leq T_{A1} - (k_1 \varepsilon_6 + \varepsilon_3 + k_2 \omega), \quad (2.13)$$

де  $k_1$  – коефіцієнт, який характеризує дійсну похибку базування, від 0,8 до 0,85,  $k_1 = 0,82$ ;

$k_2$  – коефіцієнт урахування середньоекономічної точності обробки, від 0,6 до 0,65,  $k_2 = 0,62$ ;

$\varepsilon_6$  – похибка базування;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення;

$\omega$  – економічно обгрунтована точність обробки,  $\omega = 0,08$  мм [15].

$$T_{H.уст} \leq 0,210 - (0,82 \cdot 0,0057 + 0,04 + 0,62 \cdot 0,08) = 0,116 \text{ мм},$$

$$T_{H.уст.} = \pm \frac{T_H}{2}, \quad (2.14)$$

$$T_{H.уст.} = \pm \frac{0,109}{2} = \pm 0,05 \text{ мм};$$

Отже, прийнято допуск на виготовлення пристосування  $\pm 0,05$ .

За умови  $T_{H.уст} < T_H$  визначається розмір  $X$  з використанням контрольного валика.

Середнє значення розміру контрольного валика  $D_{кв.сер}$  обчислюється відповідно до формули (2.15) [15]:

$$D_{кв.сер} = D_{кв} - \frac{T_{Dкв}}{2}, \quad (2.15)$$

$$D_{кв.сер} = 30 - \frac{0,007 + 0,02}{2} = 29,986 \text{ мм};$$

Середня величина розміру контрольного валика визначається за формулою (2.16) [15]:

$$B'_{2сер} = \frac{D_{кв.сер}}{2}, \quad (2.16)$$

$$B'_{2сер} = \frac{29,986}{2} = 14,993 \text{ мм};$$

Допустиме відхилення розміру обчислюється за формулою (2.17) [15]:

$$TB'_{2сер} = \pm \frac{T_{Dкв}}{4}, \quad (2.17)$$

$$TB'_{2сер} = \pm \frac{0,027}{4} = \pm 0,003 \text{ мм};$$

Усереднене значення розміру  $B'_{1сер}$  перераховується за формулою (2.18) [15]:

$$B'_{1сер} = \frac{B'_{2сер}}{\sin 45^\circ}, \quad (2.18)$$

$$B'_{1сер} = \frac{14,993}{0,7} = 21,4 \text{ мм};$$

Поле допуску на розмір  $B'_{1сер}$  визначається за формулою (2.19) [15]:

$$TB'_{1cep} = \pm \frac{T_{Dкв}}{4 \sin 45^\circ}, \quad (2.19)$$

$$TB'_{1cep} = \pm \frac{0.027}{2.8} = \pm 0.005 \text{ мм};$$

Розмір відносно контрольного валика  $X_{cep}$  розраховується за формулою (2.20) [15]:

$$X_{cep} = B'_{1cep} + B'_{2cep} - H_{cep}, \quad (2.20)$$

$$X_{cep} = 21,4 + 14,99 - 28,3 = 8,09 \text{ мм};$$

Поле допуску на розмір  $X_{cep}$  обчислюється за формулою (2.21) [15]:

$$TX_{cep} = TB'_{1cep} + TB'_{2cep} - T_{H.ум}, \quad (2.21)$$

$$TX_{cep} = 0,01 + 0,006 + 0,097 = 0,113 \text{ мм};$$

Відповідно до формули (2.22) розраховуємо настроювальний розмір контрольного валика  $X_H$  [15]:

$$X_H = \left( X_{cep} - \frac{T_x}{2} \right)^{+T_x}, \quad (2.22)$$

$$X_H = \left( 8,09 - \frac{0,113}{2} \right)^{+0,113} = 8,03^{+0,113} \text{ мм}.$$

### 2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Сили, що діють при фрезеруванні пазу на валу, встановленого на призму, наведені на рис. 2.3.

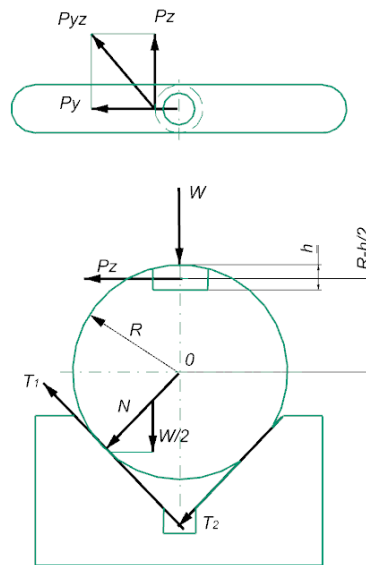


Рисунок 2.3 – Схема сил при фрезеруванні шпоночного паза

Сума діючих моментів відносно точки 0:

$$\sum M_0 = 0;$$

де  $M_0$  – момент сили щодо точки 0;

При  $T_1 = T_2 = T$ ,

$T_1, T_2$  – сили тертя;

Рівняння суми моментів прийме вигляд [15]:

$$P_z \cdot \left( R - \frac{h}{2} \right) - 2T \cdot R = 0; \quad (2.23)$$

де  $P_z$  – тангенціальна складова сил різання;

$$T = f \cdot N;$$

$N$  – сила нормального тиску;

$$N = \frac{W}{2 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)};$$

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

На підставі умови статичної рівноваги визначається вираз для розрахунку необхідного зусилля затиску [15]:

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

$$W = \frac{594 \cdot \left(15 - \frac{5}{2}\right) \sin\left(\frac{90}{2}\right)}{0,18 \cdot 15} = 2339,98 \approx 2340 \text{ Н.}$$

Тоді дійсна сила [15]:

$$W_d = k \cdot \gamma \cdot W$$

Деталь, що оброблюється, базується в пристосуванні по зовнішньому діаметру на призму. Коефіцієнт запасу визначається за формулою (2.24 [15]:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (2.24)$$

де  $k_0$  – гарантований коефіцієнт запасу, прийнято  $k_0 = 1,5$  [15];

$k_1$  – коефіцієнт, що характеризує зміну сил різання під час обробки, що виникає через нерівномірний припуск заготовки, та застосовується при виконанні чистової обробки.  $k_1 = 1,0$  [15];

$k_2$  – враховується для всіх видів обробки та визначається способом оброблення, властивостями матеріалу деталі й нерівномірністю зношування ріжучого інструменту.  $k_2 = 1,3$  [15];

$k_3$  – враховує особливості переривчастого процесу обробки, характерного для фрезерування.  $k_3 = 1,2$  [15];

$k_4$  – для ручних фіксувальних пристроїв,  $k_4 = 1,3$  [15];

$k_5$  – відображає ергономічність ручних затискачів при встановленні та фіксації деталі,  $k_5 = 1,0$  [15];

$k_6$  – залежить від крутильних моментів і виду опорної поверхні,  $k_6 = 1,0$  [15];

$$k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 3,0;$$

Дійсна сила затиску визначається з урахуванням коефіцієнта запасу:

$$W_d = 3,0 \cdot 1,2 \cdot 2340 = 8424 \text{ Н.}$$

Сила  $W$  розподіляється на дві рівні сили  $P$ , прикладені до опорних поверхонь важелів, формула (2.25) [15]:

$$P = \frac{W}{2 \cos \gamma}, \quad (2.25)$$

Силу на штоку  $Q$  для передачі зусилля на плунжер двостороннім клином визначають за формулою (2.26) [15]:

$$Q = 2 \cdot P_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (2.26)$$

Рівняння моментів сил відносно точки 0 розписується наступним чином [15]:

$$Pl - P_1 l_1 + P_{np} h + F_1 h_1 + F_2 R + F_3 h_2 = 0,$$

І вирішується відносно  $P_1$ :

$$P_1 = \frac{P(l + f \cdot h_1) + P_{np} \cdot h + f \cdot N \cdot r}{l_1 - f \cdot h_2}; \quad (2.27)$$

З метою визначення необхідної сили виконується розрахунок сили нормального тиску, для чого складається розрахункова схема, наведена на рис.

2.4.

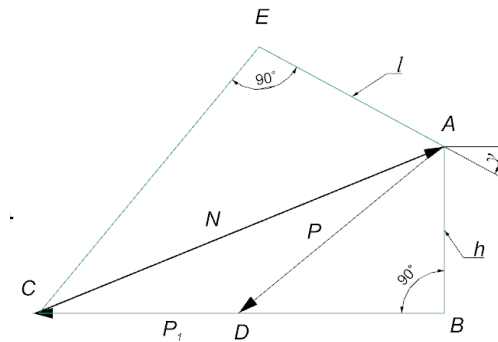


Рисунок 2.4 – Розрахункова схема для визначення сили N

Сила N обчислюється за формулою (2.28), N:

$$N = P \frac{AC}{AD}, \quad (2.28)$$

Сила пружини визначається як зусилля, необхідне для подолання сил тертя важеля в зонах його контакту з іншими елементами під час зворотного руху, формула (2.29):

$$P_{np} = 1,2 \cdot a \cdot m \cdot f, \quad (2.29)$$

де  $m$  – маса важеля, кг;

$f$  – коефіцієнт тертя для пари матеріалів «сталь–сталь»,  $f = 0,18$ ;

$a$  – коефіцієнт, що враховує подолання пружиною тертя в місцях контакту плунжера, втулки, регулювального гвинта та осі важеля.  $a = 3$ .

Тоді, підставляючи значення у формулу (2.25), отримано:

$$P = \frac{8424}{2 \cdot \cos 50^\circ} = 6552,7 \text{ Н};$$

За формулою (2.29) обчислюється сила пружини:

$$P_{np} = 1,2 \cdot 3 \cdot 22,5 \cdot 0,18 = 14,58 \text{ Н}.$$

Використовуючи розрахункову схему, рис. 2.4, та формулу (2.28) визначається сила нормального тиску на вісь:

$$N = 6552,7 \cdot \frac{161}{123} = 8577 \text{ Н};$$

$$P_1 = \frac{6552,7(108 + 0,18 \cdot 14) + 14,58 \cdot 120 + 0,18 \cdot 8577 \cdot 5}{90 - 0,18 \cdot 20,4} = 8498,7 \text{ Н};$$

За формулою (2.26) розраховується зусилля на штоці:

$$Q = 2P_1 \operatorname{tg} \alpha = 2 \cdot 8498,7 \cdot 0,36 = 6119 \text{ Н}.$$

Як затискний пристрій обрано пневматичний привід.

На основі отриманого зусилля  $Q$  визначаються параметри даного пристрою, зокрема діаметр. Діаметр пневмоциліндра  $D$  обчислюється за формулою (2.30):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \rho \eta}}, \quad (2.30)$$

де  $D$  – діаметр пневмоциліндра, мм;

$\rho$  – тиск стисненого повітря,  $\rho = 0,6$  МПа;

$\eta$  – к.к.д., враховує втрати пов'язані з витоками стисненого повітря і тертям,  $\eta = 0,9$ .

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 6119,0}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,9}} = 120,15 \text{ мм.}$$

Отримане значення округлюється до найближчого більшого стандартного діаметра пневмоциліндра, після чого остаточно приймається відповідний типорозмір згідно з табл. 7.4 [15]:

$D$  – діаметр пневмоциліндра,  $D = 125$  мм;

Різь штока M20;

$d$  – діаметр штока,  $d = 32$ ;

Різь штуцера пневмопроводу M16 × 1,5.

## 2.2 Проектування контрольного пристосування

### 2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Електроконтрольне пристосування (рис. 2.5) з датчиками та світловою індикацією типу «Норма/Брак» призначене для контролю радіального биття зубчастого вінця деталі.

Контрольована деталь установлюється та базується на призмі 10, яка забезпечує її правильне позиціонування відносно вимірювального вузла. Основні елементи пристосування змонтовані на опорній плиті 9, що забезпечує стійкість і жорсткість конструкції під час проведення контролю.

Електронний блок обробки сигналу 1 розміщений усередині корпусу 6, який закритий верхньою захисною кришкою 8 та закріплений за допомогою кріпильних елементів 11. Керування роботою пристосування здійснюється за допомогою органу керування 2, а результати контролю відображаються на блоці світлової індикації 3, установленому на верхній частині корпусу.

Після встановлення деталі виконується підведення вимірювального датчика 16 до поверхні зубчастого вінця. Необхідне положення датчика фіксується гайкою 15. Датчик закріплений у кронштейні 13, установленому на рухомому елементі 4, який забезпечує його переміщення в напрямку до контрольованої поверхні.

Переміщення вимірювального вузла здійснюється вздовж напрямної планки 12, що забезпечує точність і плавність переміщення. Точне налаштування положення датчика виконується установочним гвинтом 14, який взаємодіє з втулкою 19, забезпечуючи регулювання положення вимірювального наконечника відносно контрольованої поверхні.

Жорсткість з'єднання конструктивних елементів забезпечують болти 17, які фіксують рухомі та нерухомі вузли пристосування. Заземлення електричної частини здійснюється через клему заземлення 5, що забезпечує безпечну експлуатацію пристрою.

Після настроювання оператор вручну обертає контрольовану деталь навколо її осі. У процесі обертання вимірювальний наконечник датчика контактує з поверхнею зубчастого вінця та сприймає зміну радіального положення зубів.

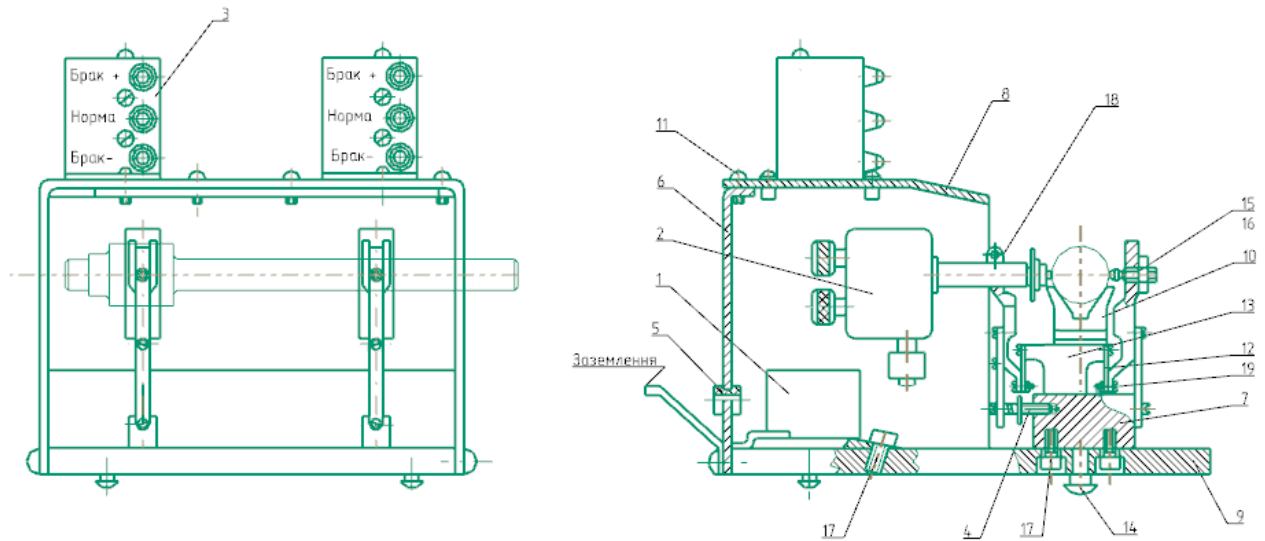


Рисунок 2.5 – Пристосування для контролю биття вала

### 2.3 Розрахунок на міцність деталі «Вал»

Перевірка міцності деталі виконується із застосуванням програмного комплексу Siemens NX методом кінцево-елементного аналізу. Даний підхід дозволяє оцінити напружено-деформований стан конструкції, визначити критичні зони та своєчасно внести конструктивні зміни для підвищення надійності деталі.

На першому етапі було побудовано тривимірну модель деталі «Вал-шестерня» (рис. 1.2) та підготовлено її до проведення розрахунку.

На другому етапі виконано розбиття моделі на кінцеві елементи (рис.2.6). Побудована сітка забезпечила дискретизацію геометрії деталі на окремі елементи, у вузлах яких здійснювався розрахунок напружень та деформацій. Для зон з підвищеною концентрацією навантаження було застосовано локальне згущення сітки, що підвищило точність отриманих результатів.

Деталь, що готується до навантаження (рис.2.6)



Рисунок 2.6 – Розбиття деталі на кінцеві елементи

На третьому етапі до моделі були прикладені граничні умови та зовнішні навантаження, які відповідають реальним умовам роботи деталі. Було задано закріплення в місцях базування, а також прикладено робоче навантаження відповідно до експлуатаційних режимів (рис.2.7).

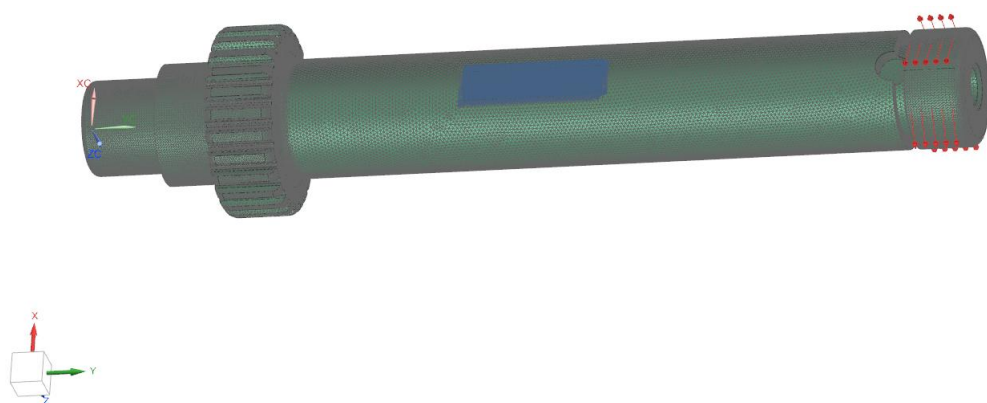


Рисунок 2.7 – Закріплення і навантаження деталі

На четвертому етапі проведено чисельний розрахунок напружено-деформованого стану (рис. 2.8). За результатами аналізу отримано поля еквівалентних напружень, переміщень та деформацій, що дозволило оцінити рівень навантаження в окремих ділянках деталі

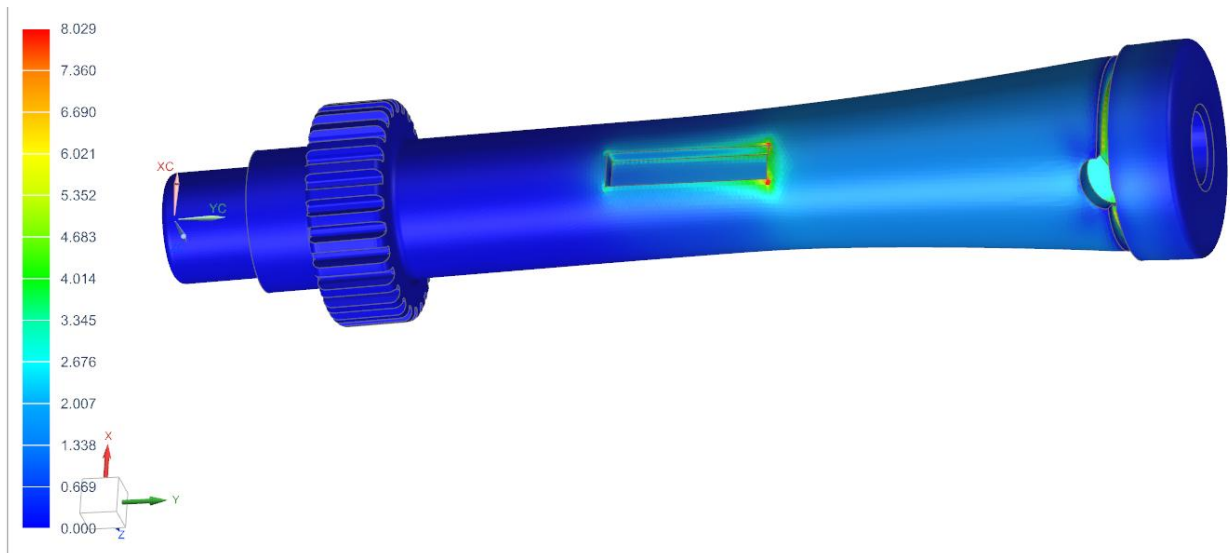


Рисунок 2.8 – Результат напружено-деформованого стану деталі

Найбільш навантаженою ділянкою є зона шпонкового паза вала, де спостерігається концентрація напружень. Це пояснюється наявністю гострих кутів, які створюють локальні концентратори напружень і можуть призвести до виникнення тріщин або передчасного руйнування деталі.

Для усунення виявленого недоліку запропоновано внести зміни, а саме:

- виконати скруглення внутрішніх кутів паза з певним радіусом, що зменшить концентрацію напружень;
- збільшити радіус переходу між пазом і поверхнею вала;
- за можливості збільшити ширину перехідної зони біля основи паза;
- за необхідності скоригувати геометричні розміри паза відповідно до умов навантаження.

### 3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

Розрахунок кількості верстатів, необхідних для виконання заданих операцій по формулі (3.1) в умовах серійного типу виробництва:

$$Sp_i = \frac{t_{um-k} \cdot N}{F_g \cdot m \cdot 60}, \quad (3.1)$$

де  $F_g$  – річна фундація роботи ТО в одну зміну,  $F_g = 2007,5$ ;

$m$  – кількість робочих змін,  $m = 1$ ;

$K_u$  – коефіцієнт використання ефективного часу,  $K_u = 0,96$ ;

$$Sp_{015} = \frac{4,43 \cdot 1000}{2007,5 \cdot 1 \cdot 60} = 0,0368, \text{ Sn} = 1 \text{ верстат}, k_{31} = \frac{S_{p1}}{S_{n1}} = \frac{0,037}{1} = 0,037;$$

$$Sp_{020} = \frac{3,55 \cdot 1000}{2007,5 \cdot 1 \cdot 60} = 0,0295, \text{ Sn} = 1 \text{ верстат}, k_{32} = \frac{S_{p2}}{S_{n2}} = \frac{0,03}{1} = 0,03;$$

$$Sp_{025} = \frac{4,082 \cdot 1000}{2007,5 \cdot 1 \cdot 60} = 0,0339, \text{ Sn} = 1 \text{ верстат}, k_{33} = \frac{S_{p3}}{S_{n3}} = \frac{0,034}{1} = 0,034;$$

$$Sp_{030} = \frac{2,677 \cdot 1000}{2007,5 \cdot 1 \cdot 60} = 0,0222, \text{ Sn} = 1 \text{ верстат}, k_{34} = \frac{S_{p4}}{S_{n4}} = \frac{0,0222}{1} = 0,0222;$$

$$Sp_{035} = \frac{1,56 \cdot 1000}{2007,5 \cdot 1 \cdot 60} = 0,013, \text{ Sn} = 1 \text{ верстат}, k_{35} = \frac{S_{p5}}{S_{n5}} = \frac{0,013}{1} = 0,013;$$

$$Sp_{040} = \frac{3,55 \cdot 1000}{2007,5 \cdot 1 \cdot 60} = 0,0295, \text{ Sn} = 1 \text{ верстат}, k_{36} = \frac{S_{p6}}{S_{n6}} = \frac{0,0295}{1} = 0,0295;$$

$$Sp_{045} = \frac{4,082 \cdot 1000}{2007,5 \cdot 1 \cdot 60} = 0,0339, \text{ Sn} = 1 \text{ верстат}, k_{37} = \frac{S_{p7}}{S_{n7}} = \frac{0,0339}{1} = 0,0339;$$

$$Sp_{050} = \frac{3,159 \cdot 1000}{2007,5 \cdot 1 \cdot 60} = 0,0262, \text{ Sn} = 1 \text{ верстат}, k_{38} = \frac{S_{p8}}{S_{n8}} = \frac{0,0262}{1} = 0,0262;$$

$$Sp_{055} = \frac{8,03 \cdot 1000}{2007,5 \cdot 1 \cdot 60} = 0,0667, \text{ Sn} = 1 \text{ верстат}, k_{39} = \frac{S_{p9}}{S_{n9}} = \frac{0,0667}{1} = 0,0667;$$

$$Sp_{080} = \frac{3,5 \cdot 1000}{2007,5 \cdot 1 \cdot 60} = 0,029, \quad Sn=1 \text{ верстат}, \quad k_{310} = \frac{S_{p3}}{S_{n3}} = \frac{0,029}{1} = 0,029;$$

$$Sp_{085} = \frac{4,02 \cdot 1000}{2007,5 \cdot 1 \cdot 60} = 0,0334, \quad Sn=1 \text{ верстат}, \quad k_{311} = \frac{S_{p3}}{S_{n3}} = \frac{0,033}{1} = 0,033;$$

$$Sp_{090} = \frac{1,39 \cdot 1000}{2007,5 \cdot 1 \cdot 60} = 0,0115, \quad Sn=1 \text{ верстат}, \quad k_{311} = \frac{S_{p11}}{S_{n11}} = \frac{0,012}{1} = 0,012.$$

Коефіцієнт завантаженості верстатів визначається за формулою (3.2):

$$\bar{k}_3 = \frac{\sum Sp}{\sum Sn} = \frac{0,6707}{12} = 0,056, \quad (3.2)$$

Кількість верстатів, які може обслужити оператор розраховується за формулою (3.3):

$$m_s = \frac{t_{on}}{t_{обс} + t_{пер}}, \quad (3.3)$$

Кількість операторів розраховується за формулою (3.4):

$$R = \frac{S}{m_s}, \quad (3.4)$$

$$m_s = \frac{1,7}{0,82 + 0,2} = 1,67 \approx 2 \text{ верстата};$$

Тобто, один робітник-оператор може обслужити 2 верстата, виконуючи одну операцію. Верстатів в зоні обслуговування 1.

За формулою (3.4) розрахуємо кількість операторів:

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

На операції № 050 за формулами (3.3-3.4) розрахуємо число верстатів та операторів:

$$m_s = \frac{0,85}{1,15 + 0,2} = 0,63 \approx 1 \text{ верстат};$$

$$R = \frac{S}{ms} = \frac{1}{1} = 1 \text{ оператор.}$$

На операції № 080:

$$m_s = \frac{1,64}{1,06 + 0,2} = 1,3 \approx 2 \text{ верстата};$$

$$R = \frac{1}{2} = 0,5 \approx 1 \text{ оператор.}$$

На інші операції призначається по 1 робітнику на верстат.

Загальна чисельність працівників визначається шляхом розрахунку відповідно до формули (3.5):

$$R_{\Sigma} = \sum R_i \quad (3.5)$$

$$R_{\Sigma} = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 11 \text{ операторі}$$

#### 4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

Одним із напрямів підвищення ефективності виробництва є застосування гнучких багатофункціональних модулів, що дозволяють виконувати кілька операцій на одному обладнанні.

У цьому розділі оцінюється економічна ефективність впровадження багатоцільового виробничого модуля 16К20РФ3РМ232 шляхом порівняння з існуючим комплектом обладнання: токарним верстатом з ЧПК, шпоночно-фрезерним і свердлильним верстатами.

Метою є визначення економічно доцільного варіанта механічної обробки за показником технологічної собівартості .

Собівартість  $C$  експлуатації модернізованого та використовуемого обладнання визначається відповідно до формули (4.3) [16]:

$$C = Z \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right) + \frac{S}{P} \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right), \quad (4.3)$$

де  $Z$  – оплата праці робітника на виготовлення однієї деталі, грн;

для старого обладнання  $Z_e = 11,18$  хв [16];

для модернізованого -  $Z_a = 6,8$  хв [16];

$H$  – розмір цехових накладних витрат, визначених у % залежно від оплати праці, для обох методів  $H = 200\%$  [12];

$S$  – витрати, пов'язані з виготовленням модернізованого та первинних обладнань,  $S_e = 300$  грн [16];  $S_a = 225$  грн [16];

$P$  – річна програма виготовлення деталей, шт;

$A$  – амортизаційний період експлуатації пристосувань, у роках;

$q$  – експлуатаційні витрати пристосувань,  $q_e = 60$  грн [16];  $q_a = 45$  грн [16];

$$C_e = 11,18 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{300}{1000} \cdot \left(\frac{1}{5} + \frac{60}{100}\right) = 33,8 \text{ грн};$$

$$C_a = 6,8 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{225}{1000} \cdot \left(\frac{1}{4} + \frac{45}{100}\right) = 20,6 \text{ грн.}$$

Собівартість використання пристосування визначається річною програмою випуску деталей. Критична програма випуску  $\Pi_k$  – це кількість деталей, за якої обидва варіанти пристосувань є економічно рівноцінними, визначається за формулою (4.4) [16].

$$\Pi_k = \frac{(S_a - S_g) \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right)}{(Z_g - Z_a) \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right)} \quad (4.4)$$

$$\Pi_k = \frac{(300 - 225) \cdot \left(\frac{1}{15} + \frac{45}{100}\right)}{(11,18 - 6,8) \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right)} = 2,95 \text{ грн}$$

За розрахунками формул (4.3) і (4.4), і враховуючи, що  $\Pi > \Pi_k$ , визначено, що критична програма випуску деталей значно менше, ніж річна. Доцільно обладнання модернізувати.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Під час виконання механічної обробки деталей необхідно суворо дотримуватись вимог охорони праці та виробничої санітарії. До роботи допускаються працівники, які пройшли інструктаж з техніки безпеки та ознайомлені з правилами експлуатації обладнання.

Для запобігання виробничому травматизму працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту: захисні окуляри, спецодяг та спеціальне взуття. Забороняється виконувати роботи при несправному обладнанні або відсутності захисних огорожень.

Усе електрообладнання повинно бути оснащене справним захисним заземленням, що забезпечує безпечні умови праці та захист персоналу від ураження електричним струмом. Перед початком роботи необхідно перевіряти технічний стан обладнання та електричних комунікацій.

Робоче місце необхідно підтримувати у належному санітарному стані. У разі потрапляння мастильно-охолоджувальних рідин на підлогу забруднення слід негайно усувати, а слизькі поверхні засипати тирсою або піском.

Під час експлуатації електропечі та установки СВЧ необхідно дотримуватись вимог електро- та пожежної безпеки, а також використовувати термостійкі засоби захисту при роботі з нагрітими деталями.

## ВИСНОВКИ

У даному дипломному проєкті виконано розробку технології виготовлення деталі «Вал головного приводу». Проведено аналіз способу одержання заготовки та прийнято виготовлення методом штампування на ГKM, що є доцільним для даного типу виробництва.

Розроблено послідовність механічної обробки деталі з використанням верстатів з числовим програмним керуванням, що дало можливість зменшити трудомісткість виготовлення та підвищити продуктивність обробки.

Для виконання операцій центрування, свердління та обробки шпоночного паза були створені керуючі програми в середовищі Siemens NX із побудовою траєкторій руху інструмента та візуалізацією процесу обробки.

У конструкторському розділі розроблено пневматичне затискне пристосування для фрезерування шпоночного паза. Під час проєктування виконано необхідні інженерні розрахунки, зокрема визначено силу закріплення, похибку базування, а також основні геометричні параметри елементів пристосування та контрольного валика. Крім того, спроектовано контрольний пристрій для перевірки радіального биття зубчастого вінця.

У економічній частині проведено порівняння різних варіантів організації виробництва деталі. За результатами розрахунків встановлено, що використання гнучкого виробничого модуля є більш ефективним у порівнянні з обробкою на окремих верстатах, оскільки забезпечує скорочення витрат часу та собівартості виготовлення.

**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ**

1. Сталь 45 URL: [https://www.splav-kharkov.com/mat\\_start.php?name\\_id=87](https://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=87). (дата звернення: 20.04.2026).
2. Богуслаєв В. О., Ципак В. І., Яценко В. К. Основи технології машинобудування : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Запоріжжя : Мотор Січ, 2003. 336 с.
3. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин», для студентів спеціальності 131 - Прикладна механіка (Механічна інженерія) / «Запорізька політехніка», нац. ун-т. Всіх форм навчання ; уклад.: Н. В. Гончар, Л. О. Тумарченко, В. М. Томілін. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. 74 с.
4. ДОДАТКИ до методичних вказівок для виконання практичних робіт з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин», для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», (Механічна інженерія) / «Запорізька політехніка», нац. ун-т. Всіх форм навчання ; укл. : Н. В. Гончар, П. Р. Тришин. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2024. 61 с.
5. Косілова А. Г., Мещеряков Р. К. Довідник технолога-машинобудівника. М.: «Машинобудування», Т.1, 1985. 430 с.
6. ГОСТ 18879-73 URL: <https://vsegost.com/Catalog/17/17370.shtml> (дата звернення: 18.04.2026).
7. Альбом режимів різання. Точіння. Свердління. Запоріжжя : Мотор Січ, 1990. 120 с.
8. Косілова А. Г., Мещеряков Р. К. Довідник технолога-машинобудівника. М.: «Машинобудування» : в 2 т., Т. 2. 1986. 497 с.

9. [ГОСТ 9140-78](https://vsegost.com/Catalog/32/32257.shtml) ; URL: <https://vsegost.com/Catalog/32/32257.shtml>  
(дата звернення: 19.04.2026).
10. Баранчиков В. І. Прогресивні ріжучі інструменти і режими різання металів. М.: «Машинобудування», 1990. 400 с.
11. ГОСТ\_26595-85; URL: [https://dnaop.com/html/76988/doc-%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2\\_26595-85#google\\_vignette](https://dnaop.com/html/76988/doc-%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_26595-85#google_vignette) (дата звернення 07.05.2026).
12. ГОСТ 14952-75; URL: <https://vsegost.com/Catalog/40/40901.shtml>
13. Стружестрах Е. І. Довідник нормувальника машинобудівника. Т. 2. М. : Машбуд., 1961. 890 с.
14. Горбацевич А. Ф. Курсове проектування по технології машинобудування Т. 4. М.: Вищ. шк., 1983. 255 с.
15. Богуслаєв В. О. Верстатні пристосування. Запоріжжя : Мотор Січ, 2000. 430 с.
16. Пухальська Г. В. Оцінка економічної ефективності технічних рішень : мет. вказ. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2023. 43 с.

**ДОДАТОК А КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ**

*Міністерство освіти і науки України*  
*Національний університет «Запорізька політехніка»*

*Альбом*  
*технологічної документації*  
*деталь «Вал головного приводу»*

*Виконала: студ. гр. М-112*

*Керівник:*

*Нормоконтроль:*

*Ужва М. В.*

*Вишнєпольський Є. В.*

*Дядя С. І.*



					НУЗП 0214.126017										Листів 4		Лист 2	
					НУЗП			НУЗП 721325.017				М-112.1014.100001						
А	Цех	Діл	РМ	Опер.	Код найменування операції				Позначення документа									
Б	Код найменування устаткування				СМ	Проф.	Р	УП	КП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тп.з	Тшт			
А 01				035	4212 Свердлильна				ЮП №007									
Б 02	381202				3	18355	4	1	1	1	шт	11	1	16	14			
03																		
А 04				040	4233 Токарна з ЧПК				ЮП №002									
Б 05	381021				1	16045	6	1	1	1	шт	11	1	21	18			
06																		
А 07				045	4233 Токарна з ЧПК				ЮП №002									
Б 08	381021				1	16045	6	1	1	1	шт	11	1	21	23			
09																		
А 10				050	4271 Фрезерна				ЮП №006									
Б 11	381761				3	19479	4	1	1	1	шт	11	1	23	163			
12																		
А 13				055	4153 Зубофрезерна				ЮП №008									
Б 14	381572				2	12273	6	1	1	1	шт	11	1	12	7,03			
15																		
А 16				060	0190 Слюсарна				ЮП №009									
Б 17	XXXXXX				3	18446	5	1	1	1	шт	11	1					
18																		
19																		
МК																		





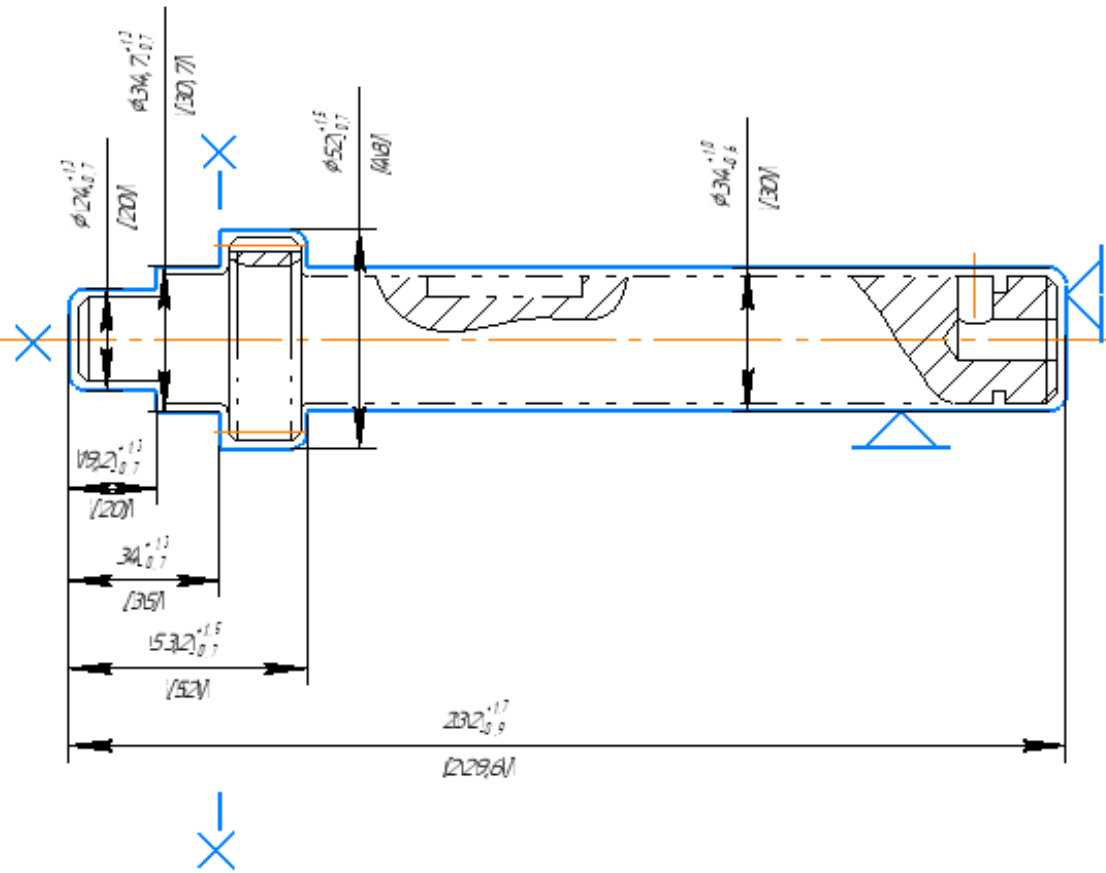
Дубль.			
Взам			
Ориг.			

Гл.технолог  
Нач. БПМ

Форма 170-162

				Опер 005	НУЗП 02.14126017	1	1	
Розроб.	Ужва			НУЗП	НУЗП 721325.017	M-112.2014.1.00005		
Перевір.	Вишнепольський			<b>Вал головного приводу</b>				005
Н.контр.	Дядя							

✓ Ra50



Технічні умови на заготовку				
Матеріал		Заготовка		
Найменування та марка	Код	Код і вид	Профіль і розмір	
Сталь 45		Паковка	$\phi 52 \times 231,6$	
Технічні умови		Маркування	Твердість	
ДСТУ 8479:2008			185...215 HB	
Сорт амент		Допустима кривизна		
		0,66		
Розмір вихідного матеріалу		Кільк.дет. із заг.	Норма розкідці	
$\phi 35 \times 220$		1	Розм. листа, прутка	Маса
				1,81

1. Заготовка-штампівка по ГОСТ 7505-89.
2. Зміщення по лінії роз'єму штампці - до 1,2 мм.
3. Невказані радіуси заокруглень 4 мм, формувальні цукли 5°.
4. Допустимі задирки після обдирки обляв - 1,5 мм.
5. Клас точності T2, група сталі M1, ступінь складності C2.



Дубл.			
Взам.			
Підп.			

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

НУЗП 0214.1.26017 1 1

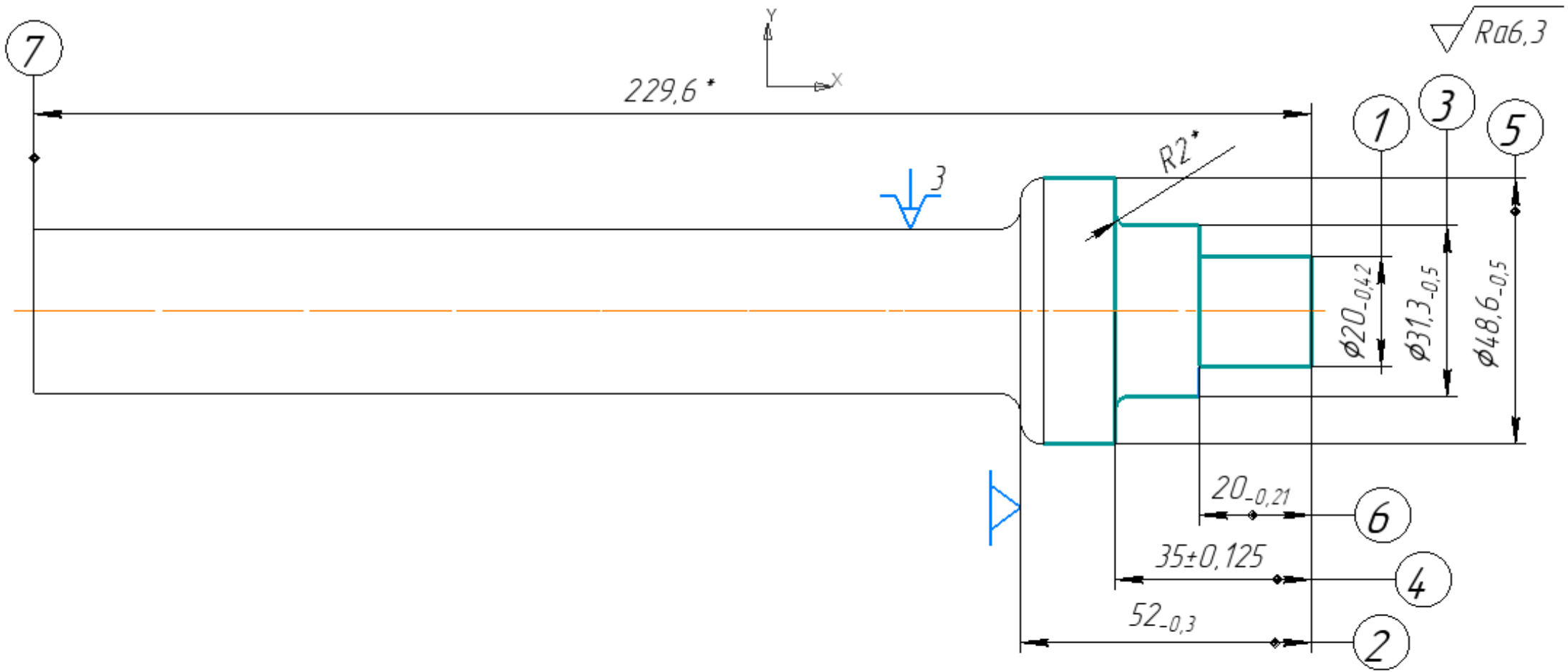
Розроб.	Ужба		
Перевір.	Вишнепольський		
Н. контр.	Дядя		

НУЗП НУЗП 721325.017

M-112.2014.1.00020

Вал головного приводу

020



\* розміри для довідок



Дубл.			
Взам.			
Підл.			

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

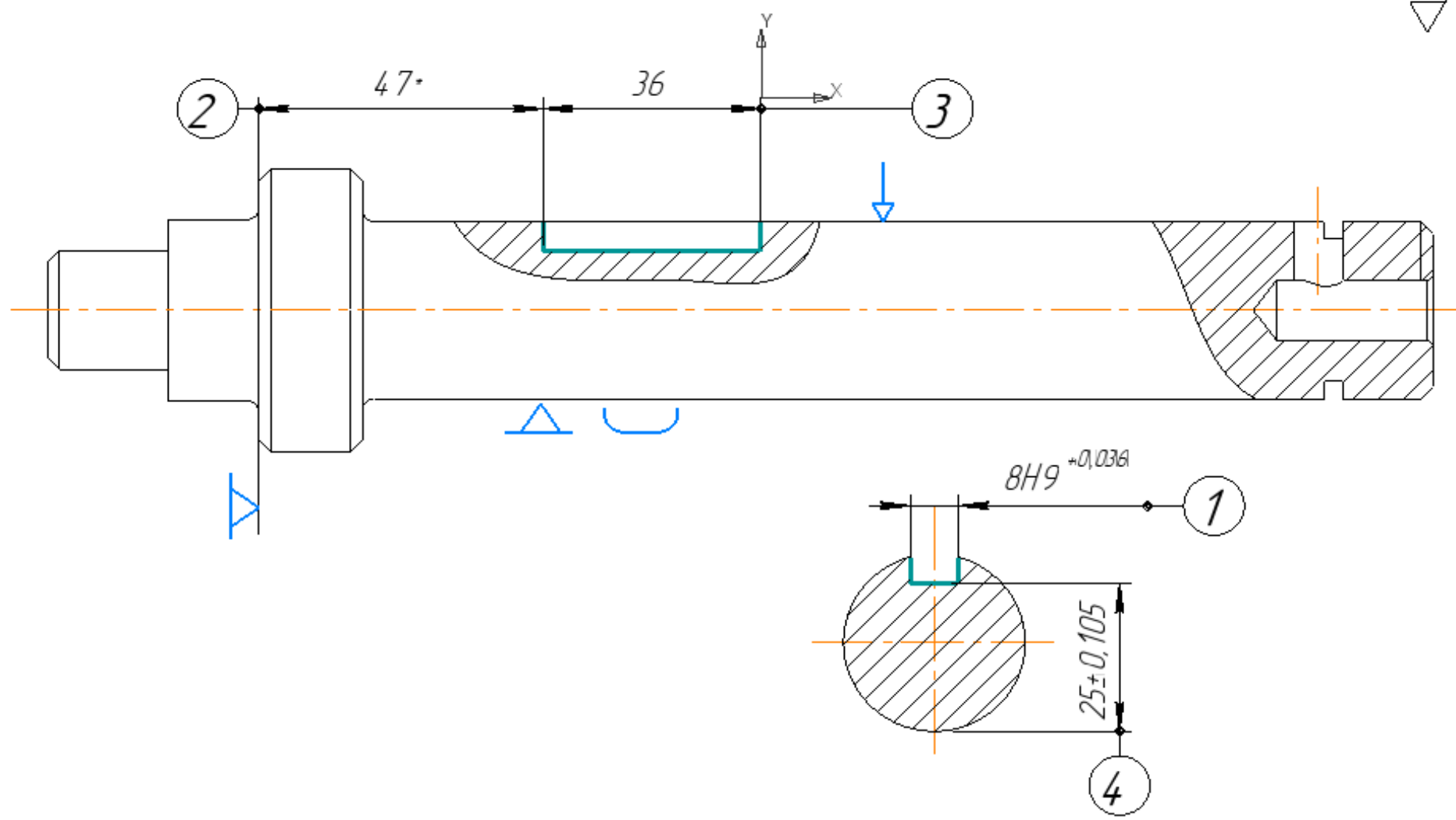
НУЗП 0214.126017 1 1

Розроб.	Ужва		
Перевір.	Виш непольський		
Н. контр.	Дядя		

НУЗП НУЗП 721325.017 М-112.20.141.00050

Вал головного приводу 050

$\sqrt{Ra3,2}$



Дубл.																				
Взам.																				
Підл.																				
															НУЗП. 02.14 126017		Листів: 1		Лист 1	
Розроб.	Ужба			НУЗП			НУЗП 721325.017						М-112.6014.1.00080							
Перевір.	Вишнєпольський																			
Нижконтр.	Дядя												Вал головного приводу							
Найменування операції				Матеріал				Твердість		ОВ	МД	Проф і розмір		МЗ	КВЗ					
Круглошліфувальна				Сталь 45				28-32 НРС		к2	13			1,81	0,85					
Усталювання пристрою НПК				Позначення програми				То	Тдоп	Тпз.	Тш-к.	30ТС								
Круглошліфувальний 3Б153				-				0,58	1,06	22	3,5	5% емульсія "Українол-1" ТУ-38-101197-76								
Р				П	Q, В	L	t	y	S	п		V								
0 01	1. Встановити та закріпити деталь												$t_{\text{вст}}=0,2 \text{ хв}$							
Т 02	ПР Центр упорний 7321-0008 ГОСТ 13214-79, хомутик 7100-0008 ГОСТ 16488-70.																			
03																				
0 04	2. Шліфувати поверхню попередню, витримуючи розмір 1, 2, 3 і R2.																			
Т 05	ВІ Оправка																			
06	РІ 1 - 400x25x127 25А 40СМІК ГОСТ 2424-83.																			
07	СІ Калібр-скоба 7200-0030 ГОСТ 18360-93.																			
Р 08				30			185,1	0,05	2	10	1670/160		35/15							
09																				
0 10	3. Зняти деталь і покласти в тару.												$t_{\text{зм}}=0,2 \text{ хв}$							
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				

Дубл.			
Взам.			
Підп.			

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

НУЗП 02141.26017	1	1
------------------	---	---

Розроб.	Ухва		
Перевір.	Вишнепольський		
Н. контр.	Дядя		

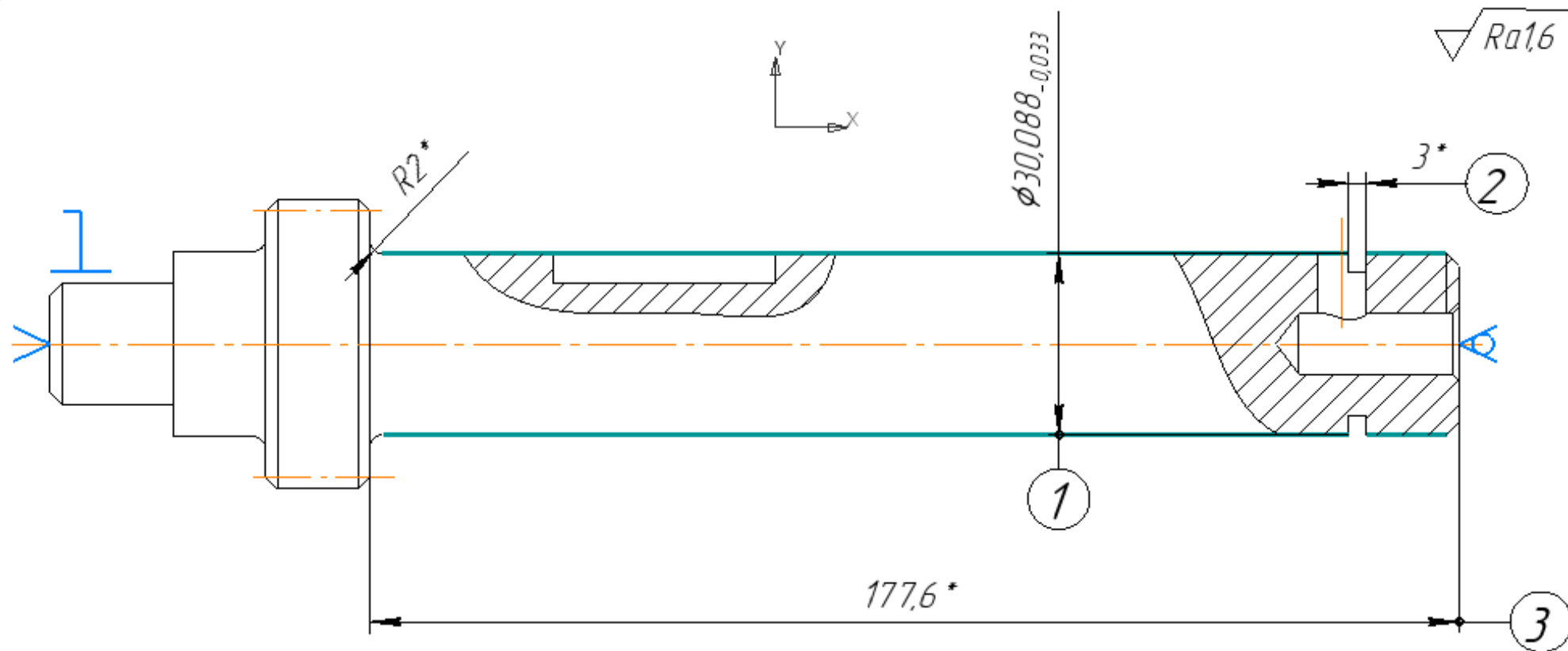
НУЗП

НУЗП 721325.017

М-112.20.141.00080

## Вал головного приводу

080

 $\nabla Ra1.6$ 

\* розміри для довідок