

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний
(повне найменування факультету)

Технологія машинобудування
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

перший (бакалаврський)
(ступінь вищої освіти)

на тему «Розробка технологічного процесу виготовлення нежорсткого
ступінчастого валу»

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи М-111СП

Спеціальності Прикладна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

КОНОНОВ Г.В.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ГОНЧАР Н.В.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент МАТЮХІН А.Ю.

(ПРІЗВИЩЕ 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 С.І. ДЯДЯ

« » 2024 року

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

КОНОНОВ Геннадій Віталійович

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка технологічного процесу виготовлення
нежорсткого ступінчастого валу

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «28» 03 2024 року №97

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 10.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі; річна програма
випуску N = 4000 шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина. 2. Конструкторська частина. 3. Розробка
дільниці. 4. Оцінка економічної ефективності розробки або заходів. 5.
Охорона праці і заходи безпеки під час виконання слюсарних
робіт.

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

Креслення деталі, заготовки, плакат 3D-моделі деталі і заготовки, маршрут
виготовлення деталі, плакат обробки на верстаті з ЧПК, креслення робочого
пристосування, плакат розрахунку на міцність; Кількість слайдів - 10

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання «24» вересня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	07.05.2024	
2	Конструкторська частина	14.05.2024	
3	Розрахунок на міцність	17.05.2024	
4	Економічний розрахунок	21.05.2024	
5	Охорона праці	24.05.2024	
6	Оформлення пояснювальної записки, креслення, карт	28.05.2024	
7	Нормоконтроль	05.06.2024	
8	Рецензія	07.06.2024	
9	Захист дипломного проєкту	11.06.2024	

Студент(ка) _____ Геннадій КОНОНОВ
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи) _____ Наталя ГОНЧАР
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: с 83., рис. 25, табл. 12, додатки 2, джерел. 15.

ВАЛ, ВЕРСТАТ, ЗАГОТІВКА, ІНСТРУМЕНТ, МАРШРУТ
ОБРОБКИ, МАРШРУТНА КАРТА, НОРМУВАННЯ, ОПЕРАЦІЯ,
ПРИПУСК, РОБОЧЕ ПРИСТОСУВАННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ,
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС.

Об'єкт дослідження – вал.

Мета роботи – розробити технологічний процес на виготовлення деталі вал, який забезпечує отримання задекларованих кресленням параметрів точності і якості.

Метод дослідження – розрахунково-аналітичний.

В дипломному проекті розроблено технологічний процес на виготовлення деталі «вал», розраховані економічні заходи, режими різання, норми часу, керуюча програма для ЧПК, спроектовано робоче пристосування та запропоноване контрольне пристосування. Виконані розрахунки робочого пристосування; режимів різання; нормування операцій. Розраховано деталь на міцність.

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 виготовлення і форми організації праці на дільниці.....	11
1.3 Проектування плану обробки.....	11
1.4 Маршрут обробки поверхонь.....	15
1.4.1 Вибір баз.....	15
1.4.2 Маршрут обробки елементарних поверхонь.....	16
1.5 Маршрут виготовлення деталі.....	20
1.6 Обчислення припусків і технологічних операційних розмірів.....	20
1.7 Розробка операційної технології. Розрахунок режимів різання.....	24
1.7.1 Операція 045 – шліцефрезерна.....	24
1.7.2 Операція 085 – шліфувальна.....	28
1.7.3 Операція 030 – токарна з ЧПК.....	30
1.8 Технічне нормування операцій.....	35
1.8.1 Технічне нормування токарної операції з ЧПК 030.....	35
1.8.2 Технічне нормування круглошліфувальної операції 085.....	36
1.8.3 Технічне нормування шліцефрезерної операції 045.....	38
1.9 Розробка керуючої програми на токарну обробку на верстатах з ЧПК.....	40
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	43
2.1 Проектування токарного пристосування.....	43
2.1.1 Конструкція та принцип роботи.....	43
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.....	43
2.1.3 Розрахунок необхідної сили затиску. Вибір приводу.....	45
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	48

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування.....	48
2.3 Розрахунок на міцність деталі.....	49
3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ.....	55
4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ.....	58
5 Охорона праці і заходи безпеки під час слюсарних робіт.....	61
5.1 Загальні положення.....	61
5.2 Особи, які допускаються до виконання слюсарних робіт.....	61
5.3 Вимоги щодо безпеки під час роботи.....	62
5.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	62
ВИСНОВОК.....	64
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	65
ДОДАТОК А. Специфікація робочого пристосування.....	68
ДОДАТОК Б. Технологічні картки.....	71

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ДСТУ – державні стандарти України

ЗОТС – змащувальне-охолоджувальне технологічне середовище

КГШП – кривошипний гарячештаповочний прес

КВМ – коефіцієнт використання матеріалу

КП – керуюча програма

МВД – маршрут виготовлення деталі

МОП – маршрут обробки поверхні

САПР – система автоматизованого проектування

ТО – термічна обробка

ТП – технологічний процес

ЧПК – числове програмне керування

ВСТУП

Розробка технологічного процесу на виготовлення деталі – це одне із найважливіших напрямів виробничого процесу, яке охоплює великі сфери діяльності. При його розробці треба враховувати основні напрямки машинобудування, а також прагнути зменшення витрат матеріалу, точним і меншими розмірами заготовок, що робить процес коротше, менш трудомістким та легким і, найважливіше, точним. Підвищення якості виробляємих деталей машин є актуальним завданням машинобудування.

Верстати з ЧПК (числове програмне керування) в технологічному процесі, дозволяє досягати великої точності при виготовлення різних деталей машин. Завдяки своїй гнучкості, верстати з ЧПК набули широкого поширення у галузі машинобудування.

високоякісна сталь феритно-перлітного класу є популярною завдяки найкращім поєднанням невисокої ціни та гнучких споживчих властивостей.

Гаряча обробка тиском – сталь добре деформується в гарячому стані.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 45, у %, та фізико-механічні властивості [1]

Хімічний склад сталі 45								
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Fe
0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	≤0,03	≤0,035	≤0,25	≤0,3	≤0,3	≈98
Механічні властивості								
σ _B , МПа	σ _T , МПа	δ, %	Ударна в'язкість при t, МДж/м ²					
			+20 °C	-40 °C	-70 °C			
640	600	16	59	46	39			
Фізичні властивості								
T, °C	E·10 ⁵ , МПа	α·10 ⁻⁶ , км/°C	I, Вт/м·°C	ρ, кг/м ³	C, Дж/кг·°C			
20	2			7826				
100	2,01	11,9	48	7799	473			
200	1,93	12,7	47	7769	494			
300	1,9	13,4	44	7735	515			
400	1,72	14,1	41	7698	536			

Для покращення властивостей сталі 45 використовують наступні термічні і хіміко-термічні обробки:

- а) термічна обробка (ТО) – нормалізація з 860...880 °C;
- б) відпуск при 550...600 °C;
- в) цементация при 900...950 °C. Твердість цементованого шару HRC ≥ 50;
- г) шліці піддають загартуванню струмом високої частоти (СВЧ).

Сталь дуже добре піддається різанню.

Застосовують для виробництва деталей, які підлягають високим навантаженням.

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації праці на дільниці

Залежно від величини виробничого плану, характеру продукції, технічних та економічних умов здійснення виробничого процесу всі виробництва схематично поділяють на три основні типи: одиничне, серійне та масове. Вони мають свої специфічні властивості і відповідні їм методи організації роботи.

На цьому періоді проектування попередньо визначаємо тип виробництва за річною програмою випуску та масою деталі згідно рекомендації [2,3]. Для деталі «Вал» тип виробництва призначаємо серійним та форму організації робіт з змінно-потоковою організацією.

Кількість партій оброблюваних деталей:

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

де N – річна програма випуску, $N = 4000$ шт;

a – періодичність запуску партій деталей на дільниці, $a = 3$ дні;

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

$$n = \frac{3 \cdot 4000}{250} = 48 \text{ шт.}$$

1.3 Вибір методу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Обираємо метод отримання заготовки. Матеріал деталі – це деформуєма сталь, тому перший метод отримання вибираємо штампуванням. Для довгих валів з невеликим перепадом діаметрів ступеней часто обирають круглий прокат. Порівнюємо ці два методи:

1 – штампування на кривошипному горячештампованому пресі (КГШП);

2 – прокат круглий.

Характеристики заготовки – штамповки на КГШП [4]:

- клас точності – Т2;
- група сталі – М2;
- група складності – С4.

Масу заготовки установлюємо за допомогою 3D-моделювання в програмі NX8.5, способом визначення масово-центрованих характеристик. Ескізи заготовок наведено на рисунках 1.2 та 1.3.

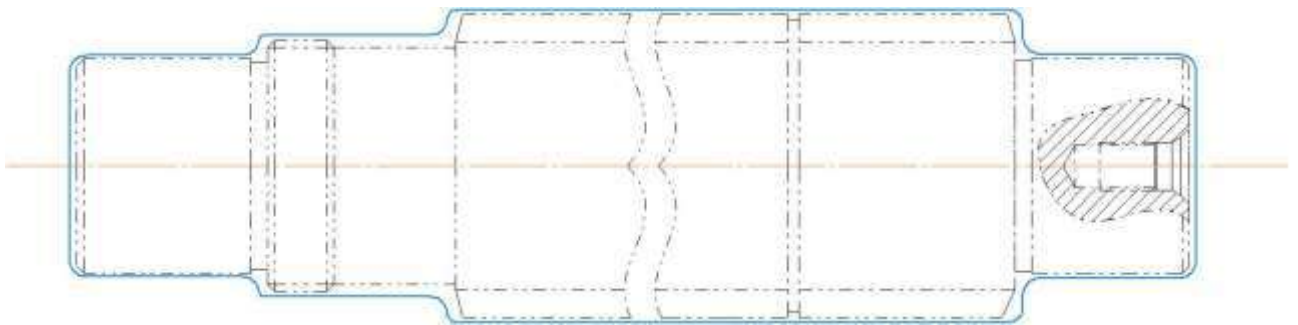


Рисунок 1.2. – Заготовка, отримана на КГШП

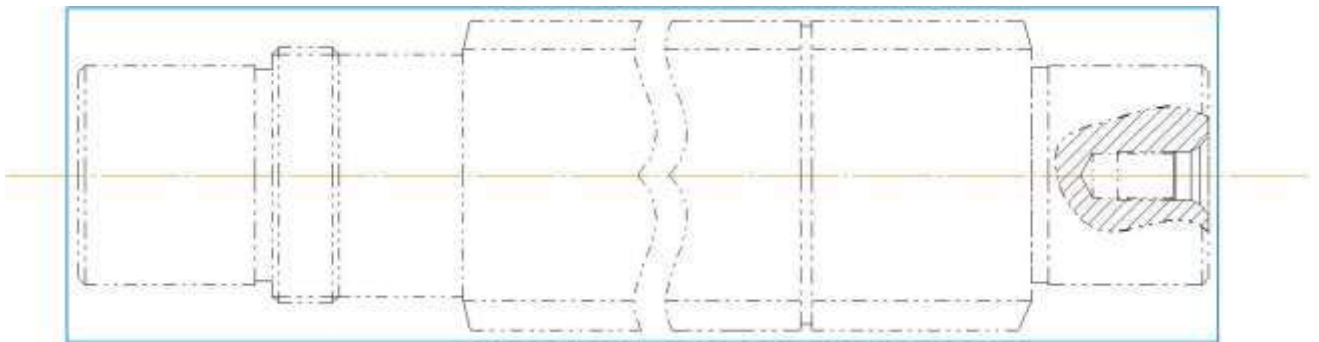


Рисунок 1.3. – Заготовка з прокату

Економічне обґрунтування вибору заготовки робимо по [2] за двома критеріями: собівартості виготовлення однієї заготовки та коефіцієнтом використання матеріалу (КВМ).

Собівартість виготовлення однієї заготовки:

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

де Q – вага заготовки, кг;

q – вага деталі, кг;

B_B – базова собівартість виготовлення 1т заготовок, грн;

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі;

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовки;

K_C – коефіцієнт, що враховує клас складності заготовки;

K_3 – коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

K_{II} – коефіцієнт, що враховує план випуску заготовки;

$B_{в\dot{д}x}$ – вартість 1т стружки, грн.

$$C_1 = \frac{35000}{1000} \cdot 19,37 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 0,82 \cdot 1 - (19,37 - 17,45) \cdot \frac{1000}{1000} = 805,27 \text{ грн}$$

$$C_2 = \frac{20000}{1000} \cdot 24,4 - (24,4 - 17,45) \cdot \frac{1000}{1000} = 481,05 \text{ грн}$$

Коефіцієнт використання матеріалу розраховується за формулою:

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

$$\eta_1 = \frac{17,45}{19,37} = 0,9$$

$$\eta_2 = \frac{17,45}{24,4} = 0,71$$

Результати зведемо в таблицю 1.2.

Через те, що $C_2 > C_1$ та $\eta_1 > \eta_2$, визначаємо додаткові витрати, і після їх порівняння визначимо раціональний метод.

Додаткові витрати за собівартістю по першому методу розраховуємо за формулою:

$$D_1 = (C_1 - C_2) \cdot N \quad (1.4)$$

$$D_1 = (805,27 - 481,05) \cdot 4000 = 1296898 \text{ грн.}$$

Втрати матеріалу і додаткові витрати по другому методу:

$$M_2 = \frac{q(\eta_1 - \eta_2)}{\eta_2 \cdot \eta_1} \cdot N$$

$$M_2 = \frac{17,45 \cdot (0,9 - 0,71)}{0,9 \cdot 0,71} \cdot 4000 = 20680 \text{ кг}$$

$$D_2 = \frac{B_{B2}}{1000} \cdot M_2$$

$$D_2 = \frac{20000}{1000} \cdot 20680 = 413600 \text{ грн}$$

Таблиця 1.2 – Результати розрахунків заготівок

Найменування	Позначення	Одиниці виміру	Варіант методу виготовлення	
			1 – КГШП	2 – прокат
Вага заготівки	Q	кг	19,37	24,4
Базова вартість 1т заготівок	B _Б	грн	35000	20000
Коефіцієнт	K _Т		1,1	-
	K _М		1,1	-
	K _С		1,2	-
	K _З		0,82	-
	K _П		1	-
Вартість 1т стружки	B _{відх}	грн	1000	1000
Собівартість заготовки	B _З	грн	805,27	481,05
КВМ	η		0,9	0,71

Додаткові витрати менші в другому варіанті – прокаті; визначимо річний економічний ефект:

$$E_p = D_1 - D_2 \quad (1.5)$$

$$E_p = 1296898 - 413600 = 883298 \text{ грн}$$

В результаті проведених розрахунків обираємо метод отримання заготовки для валу – прокат, що дає економію 883298 грн на рік.

1.4 Проектування плану обробки

1.4.1 Вибір баз

Заготовка отримана з круглого прокату, тож чорнові бази – циліндрична поверхня і один з торців. Необроблені поверхні як бази використовуються тільки-но на початковій операції механічної обробки.

Обрання чистових баз для механічної обробки робиться за наступних умов:

- дотримання вимоги постійності баз;
- дотримання вимоги суміщення баз, як технологічні базові поверхні використовуються конструкторські та вимірювальні бази;
- вибрані бази мають разом з затискними приладами забезпечувати надійність і міцність закріплення деталі та її постійне положення під час обробки;
- прийнятті бази та методи базування мають забезпечувати простішу конструкцію пристосування, зручність встановлення та зняття деталі.

Для подальших операцій в якості баз будемо користуватися штучними базами – центровими отворами, торцями 1 і 22 (рис. 1.4), і, додатково, зовнішніми циліндричними поверхнями 3, 10 або 19.

1.4.2 Маршрут обробки елементарних поверхонь

Трансформація форми, розмірів та шорсткості поверхонь заготовок на придатні до експлуатації деталі виконується за кілька переходів, їх черговість та суть визначають при проектуванні маршруту обробки поверхонь (МОП).

МОП – це певна черговість технологічних переходів обробки елементарних поверхонь заготовки, необхідна для досягнення заданих параметрів якості цих поверхонь в деталі. МОП є основою технологічного процесу (ТП) механічної обробки, оскільки саме у МОП, у технологічних переходах закладаються фізико-механічні, хіміко-термічні та інші зміни на поверхнях заготовки. Технологічну нумерацію поверхонь деталі показано на рисунку 1.4.

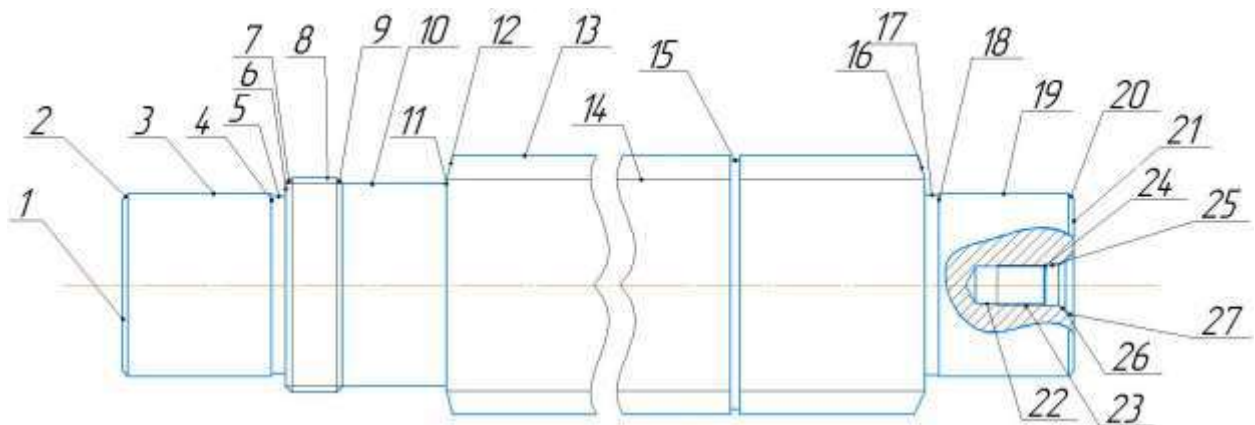


Рисунок 1.4 – Технологічна розмітка поверхонь валу

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

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

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

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

де Td_3 – допуск на розмір заготовки, мкм;

Td_d – допуск на розмір деталі, мкм;

Ra_3 – вимір шорсткості заготовки, мкм;

Ra_d – вимір шорсткості деталі, мкм;

Δ_3 – погрішність форми заготовки, мкм;

Δ_d – погрішність форми деталі, мкм;

$$\varepsilon_d = \frac{2,2}{0,019} = 115,7$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{25}{0,4} = 62,5$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{0,6}{0,016} = 37,5$$

Кількість переходів розраховується по перевалюючому показнику за формулою:

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

$$\kappa = 2 \cdot \lg 115,7 = 4,1$$

Приймаємо $\kappa = 4$ переходи. Визначаємо несхожість ознак якості та розбиваємо цю різницю між $\kappa = 4$ переходами за законом прогресивного зменшення: $IT = IT17 - js6 = 11 = 5+3+2+1$.

Послідовність показників точності та якості (ППТЯ):

- для допуску: $IT17 \rightarrow h12 \rightarrow h9 \rightarrow TO \rightarrow h7 \rightarrow js6$;

- для шорсткості: $Ra25 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow TO \rightarrow Ra1,6 \rightarrow Ra0,4$.

МОП: 1 - заготовка,

2 - точіння чорнове,

3 - точіння чистове,

4 TO,

5 шліфування чорнове,

6 шліфування чистове.

Розрахуємо проміжні операційні значення обраних параметрів за всіма механічними переходами для цієї поверхні.

Перший перехід – заготівельний: $T_{D1} = 2200$ мкм; $T_{Ra1} = 25$ мкм

Другий перехід - точіння чорнове: $T_{D2} = 300$ мкм; $T_{Ra2} = 6,3$ мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d1} = \frac{2200}{300} = 7,33$$

$$\varepsilon_{Ra1} \frac{25}{6,3} = 3,97$$

Третій перехід – точіння чистове: $T_{D3} = 74$ мкм; $T_{Ra3} = 3,2$ мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d3} = \frac{300}{74} = 4,05$$

$$\varepsilon_{Ra3} = \frac{6,3}{3,2} = 1,97$$

Четвертий перехід – ТО.

П'ятий перехід – шліфування чорнове: $T_{D5} = 30$ мкм; $T_{Ra5} = 1,6$ мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d5} = \frac{74}{30} = 2,47$$

$$\varepsilon_{Ra5} = \frac{3,2}{1,6} = 2$$

Шостий перехід шліфування чистове: $T_{D6} = 19$ мкм; $T_{Ra6} = 1,6$ мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d6} = \frac{30}{19} = 1,58$$

$$\varepsilon_{Ra6} = \frac{3,2}{1,6} = 2$$

Перевірка:

$$P_{di}^{\varepsilon} = 7,33 \cdot 4,05 \cdot 2,47 \cdot 1,58 = 116 \leq \varepsilon_d = 115,85$$

$$P_{Ra}^{\varepsilon} = 3,97 \cdot 1,97 \cdot 2 \cdot 4 = 62,5 \leq \varepsilon_{Ra} = 62,5$$

Перевірка виконана правильно, тому МОП вважаємо прийнятим.

Розрахунок МОП інших поверхонь занесено до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Маршрут обробки поверхонь деталі

Характер поверхні	Параметри заготівки		Параметри деталі		МОП		Допуск, мкм			Уточнення		
	$T_{dз}$	$T_{Raз}$	$T_{dд}$	$T_{Raд}$	ІТ	Метод обробки	T_{di} , мкм	Ra , мкм	$\uparrow$ мм	роз- міру	Ra	$\uparrow$
$\varnothing 65 \pm$ $\pm 0,0095$	2,2	25	0,019	0,4	17	Заг.	2200	25	0,6	-	-	-
					12	Точ. чорн.	300	6,3	0,2	7,33	3,97	3
					9	Точ. чист. ТО	74	3,2	0,05	4,05	2	4
					7	Шліф.чорн.	30	1,6	0,02	2,47	2	2,5
					6	Шл. чист.	19	0,4	0,016	1,58	4	1,25
$\varnothing 76_{-0,2}$	2,2	25	0,2	3,2	17	Заг.	2200	25	-	-	-	-
					13	Точ. чорн.	460	6,3	-	4,87	3,97	-
					11	Точ. чист.	200	3,2	-	2,3	1,97	-
$\varnothing 92f7$	2,5	25	0,03	1,6	16	Заг.	2500	25	0,6	-	-	-
					12	Точ. чорн.	350	6,3	0,2	7,14	3,97	3
					9	Точ. чист. ТО	87	3,2	0,05	4,02	1,97	4
					7	Шліф.	35	1,6	0,03	2,49	2	1,67

1.5 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі (МВД) – це послідовність операцій, згуртованих в окремі етапи. МВД валу має наступні етапи ТП виготовлення:

- 1) I етап – отримання заготовки, термічна обробка (ТО)
- 2) II етап – механічна обробка, формоутворення
 - Токарна обробка (чорнова, чистова)
 - Шліцефрезерна обробка
 - Слюсарна обробка
- 3) III етап – мийка, контроль
- 4) IV етап – ТО
- 5) V етап – фінішна обробка
 - Шліфування (чорнове, чистове)
 - Шліцешліфувальна (чорнове, чистове)
 - Слюсарна обробка
- 6) VI етап – мийка, контроль.

Маршрут виготовлення деталі наведено в графічній частині дипломного проекту на плакаті НУЗП 715001.008.

1.6 Обчислення припусків і технологічних операційних розмірів

Для поверхні 10 – $\varnothing 73$ розрахунок припусків виконаємо розрахунково-аналітичним методом та розрахунок технологічних розмірів методом проф. Кована.

Вибираємо нормативні та розрахункові значення елементів припусків для заготовки: $R_{zi} = 160$ мкм та $h_1 = 200$ мкм [6].

Просторові відхилення заготовки розраховують за формулою:

$$p_1 = \sqrt{p_{зм}^2 + p_{кор}^2} \quad (1.10)$$

де $p_{кор}$ – похибка короблення, $p_{кор} = 1$ мм [6];

$p_{зм}$ – неспіввність осей заготовки, $p_{зм} = 0,8$ мм [6];

$$p_1 = \sqrt{0,8^2 + 1^2} = 1,3 \text{ мм};$$

Для точіння чорнового нормативні значення приймаємо за [6]: $R_{z2} = 80$ мкм, $h_2 = 100$ мкм.

Просторове відхилення визначаємо за формулою:

$$p_j = K_{ут} \cdot p_i, \text{ мм} \quad (1.11)$$

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

$$p_2 = 0,08 \cdot 1300 = 104 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_3 = 0,25 \cdot \sqrt{Td_{заг}^2 + 1} \quad (1.12)$$

$$\varepsilon_3 = 0,25 \cdot \sqrt{2,2^2 + 1} = 0,4 \text{ мм}$$

Для точіння чистового по [6] приймаємо: $R_{z3} = 20$ мкм, $h_3 = 20$ мкм, $k_y = 0,04$.

Просторове відхилення:

$$p_3 = 0,04 \cdot 104 = 4,16 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_3 = K_{ут} \cdot \varepsilon_{i-1} = 0,04 \cdot 400 = 16 \text{ мкм}$$

Після термічної обробки просторове відхилення, короблення:

$$p_4 = \Delta_k \cdot L \quad (1.13)$$

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

$$p_4 = 0,1 \cdot 438 = 43,8 \text{ мкм}$$

Для шліфування: $k_y = 0,03$, $Rz_5 = 10 \text{ мкм}$ та $h_5 = 10 \text{ мкм}$ [6].

Просторове відхилення:

$$p_5 = 0,03 \cdot (35,8 + 2,92) = 1,1 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_5 = 0,03 \cdot 16 = 0,46 \text{ мкм}$$

Мінімальні припуски за переходами:

$$z_{zi}^{min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{p_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (1.14)$$

$$z_{z2}^{min} = 2 \cdot (160 + 200 + \sqrt{1230^2 + 400^2}) = 3306 \text{ мкм}$$

$$z_{z3}^{min} = 2 \cdot (80 + 100 + \sqrt{73^2 + 16^2}) = 509 \text{ мкм}$$

$$z_{z5}^{min} = 2 \cdot (20 + 20 + \sqrt{2,92^2 + 0,46^2}) = 86 \text{ мкм}$$

Максимальний розмір поверхні деталі – останнього переходу розраховуємо за формулою:

$$\begin{aligned} d_5^{max} &= d_4^{min} + ES_{d4} \\ d_5^{max} &= 72,8 + 0,25 = 73,05 \text{ мм} \end{aligned} \quad (1.15)$$

Мінімальні розміри поверхні розраховуються за формулою:

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

$$d_3^{min} = d_5^{min} + 2Z_5^{min} = 72,828 + 0,086 = 72,914 \text{ мм}$$

$$d_2^{min} = d_3^{min} + 2Z_3^{min} = 72,914 + 0,504 = 73,414 \text{ мм}$$

$$d_1^{min} = d_2^{min} + 2Z_2^{min} = 73,414 - 3,306 = 76,72 \text{ мм}$$

Максимальні розміри для механічних переходів:

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

$$d_5^{max} = d_5^{min} + Td_5 = 72,828 + 0,052 = 72,88 \text{ мм}$$

$$d_3^{max} = d_3^{min} + Td_3 = 72,914 + 0,084 = 72,998 \text{ мм}$$

$$d_2^{max} = d_2^{min} + Td_2 = 73,414 + 0,33 = 73,774 \text{ мм}$$

$$d_1^{max} = d_1^{min} + Td_1 = 76,72 + 2,2 = 78,92 \text{ мм}$$

Граничні значення припусків по переходах механічної обробки розраховуються за формулою:

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

$$2Z_2^{max} = d_1^{max} - d_2^{max} = 78,92 - 73,774 = 5,146 \text{ мм}$$

$$2Z_3^{max} = d_2^{max} - d_3^{max} = 73,774 - 72,998 = 0,776 \text{ мм}$$

$$2Z_5^{max} = d_3^{max} - d_5^{max} = 72,998 - 72,88 = 0,118 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір заготовки за розрахунком – $\varnothing 78,92_{-0,8}^{+1,4}$ мм. Але над цією поверхнею буде напуск, який знімається на чорновому точінні, тому що заготовка – пруток $\varnothing 95_{-1,5}^{+0,7}$

Таким же самим чином розраховуємо технологічні розміри для інших розмірів. Припуски при цьому призначимо по таблиці довідкової літератури [5,6]. Отримані результати заносимо до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Результати розрахунку припусків і операційних розмірів

Характеристика поверхні	МОП		Допуск	Граничні значення технологічних розмірів		Граничні значення припусків		Виконавчі розміри, мм
	i	Перехід	$T_{ад}$, мм	d_i^{max} , мм	d_i^{min} , мм	$2z_i^{max}$, мкм	$2z_i^{min}$, мкм	
8) $\varnothing 65 \pm 0,0095$	1	Загот.	2,2+напуск	95,7	93,5	-	-	$\varnothing 95^{+0,7}_{-1,5}$
	2	Точ. чорн.	к	65,776	65,476	2901	2306	$\varnothing 65,8_{-0,3}$
	3	Точ. чист.	0,3	65,267	65,193	839	509	$\varnothing 65,27_{-0,074}$
	4	ТО	0,074	-	-	-	-	-
	5	Шліф.чорн.	-	65,09	65,06	220	177	$\varnothing 65,09_{-0,03}$
	6	Шліф.чист.	0,030 0,019	65,0095	64,9915	86	60	$\varnothing 65 \pm 0,0095$
$\varnothing 76_{-0,2}$	1	Заг.	2,2	95,7	93,5	-	-	$\varnothing 95^{+0,7}_{-1,5}$
	2	Точ. чорн.	0,46	77,2	76,74	-	-	$\varnothing 77,2_{-0,46}$
	3	Точ. чист.	0,2	76	75,8	1940	1400	$\varnothing 76_{-0,2}$
	4	ТО	-	-	-	-	-	-
$\varnothing 92f7$	1	Заг.	2,5	95,7	93,5	-	-	$\varnothing 95^{+0,7}_{-1,5}$
	2	Точ. чорн.	0,35	93,584	93,234	-	-	$\varnothing 93,58_{-0,35}$
	3	Точ. чист.	0,087	92,184	92,097	1730	1400	$\varnothing 92,18_{-0,087}$
	4	ТО	-	-	-	-	-	-
	5	Шліф.	0,035	91,964	91,929	784	220	$\varnothing 92_{-0,071}^{-0,036}$

1.7 Розробка операційної технології. Розрахунок режимів різання.

1.7.1 Операція 045 – шліцефрезерна

Для фрезерування зубців обираємо шліцефрезерний верстат мод. 5350А. Технічні характеристики наведено в таблиці 1.5. Операційний ескіз представлено на рис. 1.5. Так як виробництво серійне, як інструмент обираємо черв'ячну фрезу М 0,5. 20°А Р6М5 25×16×10.

Пристосування: Спеціальний пристрій з автоматичним закріпленням заготовки.

Таблиця 1.5 – Технічні характеристики верстата

Параметри	Значення
Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм	150
Найбільша ширина венця заготовки, мм	500
Частоти обертання шпинделя фрези, об/хв	80-250
Подача:	
Межа подачі, об/хв	0,63...0,5
Межа чисел обертання фрезерного шпинделя	80...250
Найбільше переміщення супорта від руки, мм	100
Переміщення супорта на одне ділення лімба, мм	0,01
Потужність, кВт	6,7

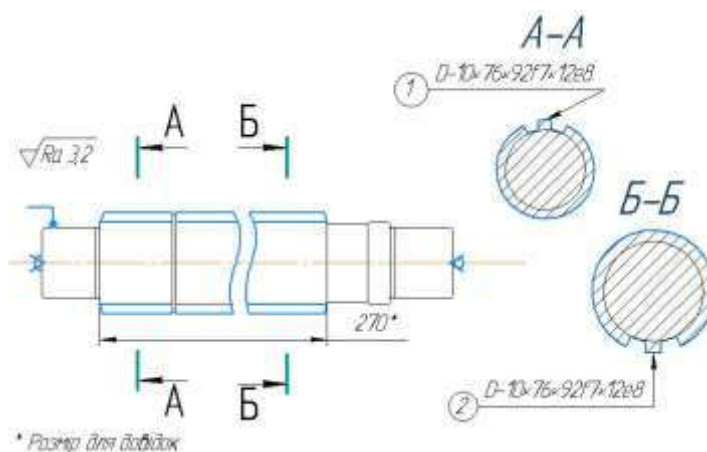


Рисунок 1.5 – Ескіз операції 045

Розраховуємо повздовжню подачу стола за формулою:

$$S_M = \frac{S_u \cdot Z_u \cdot n}{z} \quad (1.19)$$

де Z_u – число зубців інструмента, шт;

Z – число шліців валу, шт;

n – частота обертання колеса, об/хв;

S_u – оберт деталі на один оберт стола, $S_u = 0,15...0,20$ мм/хв;

$$S_M = \frac{0,20 \cdot 25 \cdot 100}{10} = 50 \text{ мм/хв}$$

Швидкість різання розраховуємо по формулі:

$$V_p = \frac{C_v u^{q_v}}{T^u \cdot S^{y_v} \cdot h^{x_v}} \cdot K_v \quad (1.20)$$

де K_v – загальний показник поправочних коефіцієнтів:

$$K_v = K_{vm} \cdot K_{vi} \cdot K_{vj} \cdot K_{vo} \cdot K_{VT} \cdot K_{Vc} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{Vж} \quad (1.21)$$

C_v – постійне значення, $C_v = 390$ [15];

T – середня стійкість інструменту, хв, $T = 300$ хв;

S – подача $S = 2,4...2,5$ мм/об;

u_v – показник ступенем $u_v = 0,25$ [15];

x_v – показник ступенем $x_v = 0,28$ [15];

q_v – показник ступенем $q_v = 0,37$ [15];

μ – показник ступенем $\mu = 0,4$ [15];

$$K_v = 0,8 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,86$$

$$V_p = \frac{390 \cdot 0,71}{9,8 \cdot 1,25 \cdot 4,8} \cdot 0,86 = 4,05 \text{ м/хв}$$

Приймаємо 4 м/хв за паспортом верстата.

Частота обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi D} \quad (1.22)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 4}{3.14 \cdot 92} = 12 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата: $n_d = 80 \text{ об/хв}$.

Розраховуємо потужність на різання (кВт) за формулою:

$$N = 10^{-3} \cdot C_N \cdot S^{y_u} \cdot D^{u_n} \cdot V_p \cdot K_n \quad (1.23)$$

де S – подача на один оберт деталі, мм;

C_N – постійний показник $C_N = 42$;

D – зовнішній діаметр шліцьового валу, мм;

V_p – швидкість різання, м/хв;

K_n – поправочний коефіцієнт, $K_n = 0,85$;

y_u - показник ступеню, $y_v = 0,25$ [15];

u_n – показник ступеню, $x_v = 0,28$ [15];

$$N = 10^{-3} \cdot 42 \cdot 1,02 \cdot 26,6 \cdot 4,05 \cdot 0,85 = 3,9 \text{ кВт}$$

Розраховуємо машинний час за формулою:

$$T = \frac{L \cdot Z_{ш}}{n \cdot S_M} \quad (1.24)$$

де S_M – хвилина подача: $S_M = S_z \cdot n_z$;

$$S_M = 0,15 \cdot 100 \cdot 10 = 150 \text{ мм/хв}$$

$Z_{ш}$ – кількість шліців на деталі, шт;

n – частота обертання фрези, об/хв;

L – довжина робочого ходу інструменту, мм;

$$T = \frac{270 \cdot 10}{80 \cdot 150} = 2,25 \text{ хв.}$$

1.7.2 Операція 085 – шліфувальна

Для шліфування обираємо круглошліфувальний верстат моделі 3Н130В. В якості інструменту обираємо шліфувальний круг 1 600×63×305 15А 40Н СТ1 6 К8 А 50 м/с ГОСТ 2424-83 [7], а в якості пристосування – центр, хомутик повідковий. Операційний ескіз зображено на рис. 1.6. Технічні характеристики верстата вказано в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Технічні характеристики верстата

Параметри	Значення
Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм	200
Найбільша довжина оброблюваної заготовки, мм	700
Частота обертання круга, об/хв	1272
Частота обертання шпинделя, об/хв	63...400
Потужність, кВт	7,5

Подача радіальна розраховується за формулою:

$$S_{\text{поп}} = S_T \cdot K_D \cdot K_R \cdot K_T \cdot K_h \cdot K_{IT} \cdot K_M \quad (1.25)$$

де S_T – табличне значення подачі, = 150,2 м/хв [8];

K_D – коефіцієнт враховуючий діаметр круга [8];

K_R – коефіцієнт, який залежить від кута у плані, $K_R = 0,42$ [8];

K_T – коефіцієнт, залежить від стану оброблюємої поверхні, що, $K_T = 1$ [8];

K_h – поправний коефіцієнт при поперечному фрезеруванні, $K_h = 1$ [8];

K_{IT} – коефіцієнт, який залежить від матеріалу інструменту $K_{IT} = 0,5$ [8];

K_M – коефіцієнт, що залежить від твердості оброблюваного матеріалу $K_M = 1$;

$$S_{\text{поп}} = 0,008 \cdot 0,42 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1 = 0,0017 \text{ мм/об}$$

Обираємо з паспорту верстату $S_{\text{поп}} = 0,002 \text{ мм/об}$.

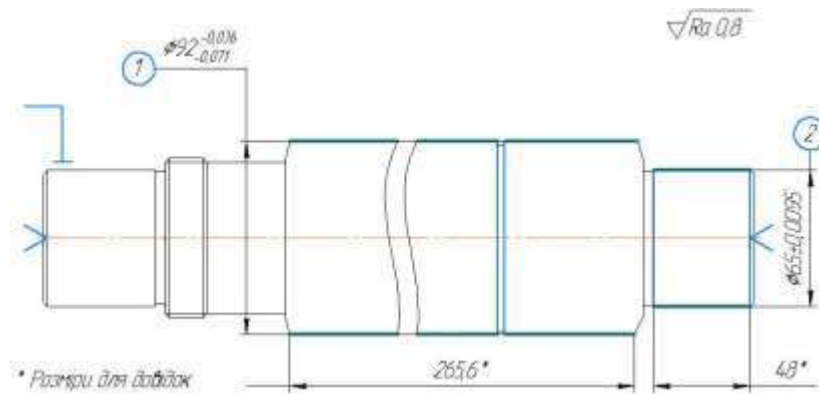


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз

Табличне значення швидкості різання визначаємо за довідковою літературою [8]: $V_{ш.кр.} = 50$ м/с; $V_{ш.дет.} = 50$ м/хв.

Частоту обертання розраховуємо за формулами:

$$n_{ш.кр.}^P = \frac{1000 \cdot V_{ш.кр.} \cdot 60}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв} \quad (1.26)$$

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

$$n_{дет.}^P = \frac{1000 \cdot V_{ш.дет.}}{\pi \cdot d}, \text{ об/хв} \quad (1.27)$$

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

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

Фактичну швидкість різання розраховуємо за формулами:

$$V_d = \frac{n \cdot \pi \cdot d}{1000 \cdot 60} \quad (1.28)$$

$$V_{дсв} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1272}{1000 \cdot 60} = 40 \text{ м/хв}$$

$$V_{дфр} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 400}{1000} = 25 \text{ м/хв}$$

Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{L \cdot k \cdot i}{n_{\text{дет}} \cdot S_{\text{поп}}} \quad (1.29)$$

де $k = 1,7$ – коефіцієнт уточнення;

L – довжина робочого ходу;

i – кількість проходів;

$$T_o = \frac{532,95 \cdot 1,7 \cdot 2}{1592 \cdot 2000} = 5,69 \text{ хв}$$

1.7.3 Операція 030 - токарна з ЧПК

Обробка виконується на токарному верстаті з ЧПК SE520. Технічна характеристика верстата наведена в таблиці 1.7. Операційний ескіз токарної операції наведений на рис. 1.7. В якості пристосування використовується трикулачковий патрон з пневматичним затиском.

Операція складається із переходів:

- 1) зовнішнє точіння пов.1;
- 2) зовнішнє точіння, пов 2.

Використовується для цього інструмент:

- 1) різець підрізний 2112-0006 $\varphi = 95^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\gamma = 8^\circ$, $r = 0,8$ мм, 25×16×140, T15K6 ДСТУ 18880-73 [7];
- 2) різець спеціальний $\varphi = 2^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\gamma = 8^\circ$, $r = 0,8$ мм, 25×16×140, T15K6.

Таблиця 1.7 – Технічна характеристика верстата

Параметри	Значення
Найбільший розмір оброблюваної деталі, мм	280
Найбільше поздовжнє переміщення супорта, мм	1000

Продовження таблиці 1.7

Діаметр патрона, мм	200
Потужність привода шпинделя, кВт	7,5
Частота обертання шпинделя, хв ⁻¹	40-500
Швидкість руху подачі, мм/об	
-поздовжня	0,0025-0,025
-поперечної	0,0025-0,024
Швидкість прискореного переміщення, м/хв, супорт	
-поздовжнього	6
-поперечного	5
Позицій інструмента	6
Вага, кг	4500

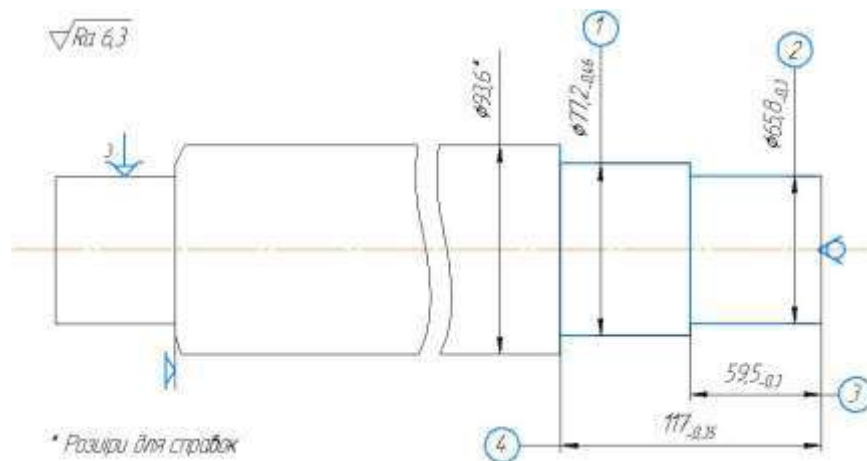


Рисунок 1.7 – Ескіз операції 030

Виконаємо розрахунок першого переходу – зовнішнє точіння.

Припуск на обробку розраховується за формулою:

$$t = \frac{D-d}{2} \quad (1.30)$$

де t – глибина різання;

h – припуск, мм;

D – діаметр заготовки, мм;

d – діаметр деталі, мм;

$$t = \frac{93,6-65,8}{2} = 13,9 \text{ мм}$$

Обираємо подачу за довідникової літератури [14]:

Для чорнової обробки діаметром до 100 конструкційної сталі при глибині різання 13,9 мм приймаємо $S = 0,55 \text{ мм/об}$ [14].

Швидкість різання розраховуємо по формулі:

$$V = \frac{C_v}{T^{m \cdot t^x \cdot S^y}} \cdot K_v \quad (1.31)$$

де C_v – коефіцієнт, що враховує умови обробки, $C_v = 340$;

m, x, y – показник степені, $x = 0,15, y = 0,45, m = 0,2$;

T – період стійкості інструменту, $T = 60 \text{ хв}$;

t – глибина різання, мм;

S – подача, мм/об;

K_v – узагальнений поправковий коефіцієнт для обробки твердосплавною пластиною:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{rv} \quad (1.32)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки:

$$K_{mv} = K_r \left[\frac{750}{\sigma_b} \right]^{n_v} = [14];$$

Де K_r – коефіцієнт, що враховує радіус при вершині різця, $K_r = 1$;

n_v – коефіцієнт що враховує стан поверхні, $n_v = 1$.

$$K_{mv} = 1 \left[\frac{750}{700} \right]^1 = 1,07$$

тоді K_{nv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки: $K_{nv} = 0,8$ [8];

K_{uv} – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої частини інструмента:
 $K_{uv} = 0,65$ [8];

$K_{\varphi v}$ – коефіцієнт, що враховує геометрію головного кута в плані різця:

$$K_{\varphi v} = 0,9 [8];$$

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 13,9^{0,15} \cdot 0,55^{0,45}} \cdot 1,07 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 0,9 = 68 \text{ м/хв.}$$

Приймаємо $V = 70 \text{ м/хв.}$

Частота обертання шпинделя розраховується за формулою (1.22):

$$n = \frac{1000 \cdot 70}{3,14 \cdot 93,6} = 238 \text{ об/хв}$$

Приймається фактична частота обертання шпинделя верстата відповідно до паспортних даних $n_d = 240 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання V_d , м/хв розраховується за формулою (1.26):

$$V_d = \frac{240 \cdot 3,14 \cdot 93,6}{1000} = 70,5 \text{ м/хв.}$$

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

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

де $l_{обр}$ – довжина обробки, мм;

$l_{вр}$ – величина врізання, мм [8];

$l_{пер}$ – величина перебігу, мм [8].

$$L_{px} = 2 + 5 + 2 + 33,5 + 8 + 8 = 58,5 \text{ мм.}$$

Режими різання для зовнішнього точіння інших поверхонь розраховуються аналогічно. Результати розрахунків режимів різання за переходами наведено в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Режими різання за переходами

Перехід	D, мм.	t, мм.	S, мм/об.	V _д , м/хв.	нд, хв ⁻¹ .	лобр, мм.	L _{рх} , мм.	i, шт.
1	76	9,5	0,55	70	240	58	58,5	2
2	65	7,5	0,55	70	240	58	61	2

Машинний час розраховується за формулою:

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

$$t_{o1} = \frac{23}{0,55 \times 240} \cdot 2 = 0,35 \text{ хв}$$

$$t_{o2} = \frac{61}{0,55 \times 240} \cdot 2 = 0,92 \text{ хв}$$

$$t_{o3} = \frac{267,5}{0,55 \times 240} \cdot 2 = 4,04 \text{ хв}$$

$$\sum T_o = 0,35 + 0,92 + 4,04 + 1 = 6,31 \text{ хв}$$

Результати розрахунку режимів різання для решти операцій приведено в таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Результати розрахунку режимів різання та норм часу

Номер та назва операції	Номер переходу	Режими різання				
		Глибина різання t, мм	Кількість переходів i	Подача S мм/об	Швидкість різання V, м/хв	Частота обертів шпинделя n, об/хв
1	2	3	4	5	6	7
030 Токарна з ЧПК	01	9,5	2	0,55	70	240
	02	7,5	2	0,55	70	240

Продовження таблиці 1.9.

045 Шліцефрезерна	01	7,6	2	0,2	4	80
	02	0,4	1	0,02	4	80
085 Кругло- шліфувальна	01	0,3	1	0,005/0,01	35	1670
	02	0,3	1	0,005/0,01	25	1287

1.8 Технічне нормування операцій

1.8.1 Технічне нормування токарної операції з ЧПК 030

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{в}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.35)$$

де $t_{\text{в}}$ – час на встановлення та зняття заготівки при роботі в пристосуванні

$t_{\text{в}} = 1,32$ хв [9];

$t_{\text{пер}}$ – час на перехід, $t_{\text{пер}} = 1,8$ хв [9];

$t_{\text{контр}}$ – час контролю оброблених поверхонь, $t_{\text{контр}} = 0,21$ хв [9].

$$t_{\text{доп}} = 1,32 + 1,8 + 0,21 = 3,43 \text{ хв}$$

Операційний час розраховується за формулою:

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{о}} + t_{\text{доп}} \quad (1.36)$$

$$t_{\text{оп}} = 6,31 + 1,33 = 7,64 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою:

$$t_{\text{дод}} = t_{\text{оп}} \cdot \alpha \quad (1.37)$$

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби [9].

$$t_{\text{дод}} = 7,64 \cdot 0,1 = 0,76 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{дод}} \quad (1.38)$$

$$t_{\text{шт}} = 7,64 + 0,76 = 8,4 \text{ хв}$$

Підготовчий-заклучний час для обробки деталей розраховується за формулою:

$$t_{\text{пз}} = t_{\text{пз1}} + t_{\text{пз2}} + t_{\text{пз3}} \quad (1.39)$$

де $t_{\text{пз1}}$ – час на налагодження пристосування, $t_{\text{пз1}} = 15$ хв. [9];

$t_{\text{пз2}}$ – підготовча-заклучний час на додаткові роботи, $t_{\text{пз2}} = 15$ хв. [9];

$$t_{\text{пз}} = 15 + 15 = 30 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою:

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{пз}}}{n} \quad (1.40)$$

де n – розмір партії деталей (розраховано в п. 1.2), що запускають у виробництво $n = 48$ шт;

$$t_{\text{шт-к}} = 8,4 + \frac{30}{48} = 9,02 \text{ хв.}$$

1.8.2 Технічне нормування круглошліфувальної операції 085

Допоміжний час на операції розраховується за формулою (1.35):

де $t_{\text{в}}$ – час на встановлення та зняття заготовки при роботі в пристосуванні, $t_{\text{в}} = 0,4$ хв [9],

$t_{\text{пер}}$ – час на перехід, $t_{\text{пер}} = 0,4$ хв [9];

$t_{\text{контр}}$ – час контролю оброблених поверхонь, $t_{\text{контр}} = 0,2$ хв [9].

$$t_{\text{доп}} = 0,4 + 0,4 + 0,2 = 1 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.36):

$$t_{\text{оп}} = 22 + 1 = 23 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.37):

$$t_{\text{дод}} = t_{\text{оп}} \cdot \alpha$$

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби [9].

$$t_{\text{дод}} = 23 \cdot 0,1 = 2,3 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.38):

$$t_{\text{шт}} = 23 + 2,3 = 25,3 \text{ хв}$$

Підготовчий-заключний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (1.39):

де $t_{\text{пз1}} = 12$ хв [9];

$t_{\text{пз2}} = 15$ хв [9].

$$t_{\text{пз}} = 12 + 15 = 27 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.40):

$$t_{\text{шт-к}} = 25,3 + \frac{27}{48} = 25,3 \text{ хв}$$

Результати розрахунків для операцій наведено в таблиці 1.10.

1.8.3 Технічне нормування шліцефрезерної операції 045

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{в}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.41)$$

де $t_{\text{в}}$ – час на встановлення та зняття заготовки при роботі в пристосуванні
 $t_{\text{в}} = 1,62$ хв [9];

$t_{\text{пер}}$ – час на перехід, $t_{\text{пер}} = 1,2$ хв [9];

$t_{\text{контр}}$ – час контролю оброблених поверхонь, $t_{\text{контр}} = 0,36$ хв [9].

$$t_{\text{доп}} = 1,62 + 1,2 + 0,36 = 3,18 \text{ хв.}$$

Операційний час розраховується за формулою (1.36):

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{о}} + t_{\text{доп}}$$

$$t_{\text{оп}} = 1,6 + 3,18 = 4,78 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.37):

$$t_{\text{дод}} = t_{\text{оп}} \cdot \alpha$$

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби [9];

$$t_{\text{дод}} = 4,78 \cdot 0,1 = 0,48 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.38):

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{дод}}$$

$$t_{\text{шт}} = 4,78 + 0,48 = 5,26 \text{ хв}$$

Підготовчий-заклучний час для обробки деталей розраховується за формулою (1.39):

$$t_{пз} = t_{пз1} + t_{пз2} + t_{пз3}$$

де $t_{пз1}$ – час на налагодження пристосування, $t_{пз1} = 20$ хв. [9];

$t_{пз2}$ – підготовча-заклучний час на додаткові роботи, $t_{пз2} = 20$ хв. [9];

$$t_{пз} = 20 + 20 = 40 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.40):

$$t_{шт-к} = t_{шт} + \frac{t_{пз}}{n}$$

де n – розмір партії деталей, що запускають у виробництво $n = 48$ шт.

$$t_{шт-к} = 5,26 + \frac{40}{48} = 5,27 \text{ хв.}$$

Результати розрахунків для операцій наведено в таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 – Зведена таблиця норм часу

Номер та назва операції	$t_{оп}$, хв	$t_{доп}$, хв	$t_{дод}$, хв	$t_{шт}$, хв	$t_{пз}$, хв	$t_{шт-к}$, хв
015 Фрезерна-центрувальна	2,8	0,28	1,23	2,34	30	21,40
025 Токарна з ЧПК	3,8	1	2,3	25,3	27	25,30
030 Токарна з ЧПК	3,8	1	2,3	25,3	27	25,30
035 Токарна з ЧПК	4,1	1,2	2,5	25,7	30	33,20
040 Токарна з ЧПК	4,0	1,1	2,4	24,6	30	31,20
045 Шліцефрезерна	4,78	3,18	0,26	2,89	30	25,30
070 Круглошліфувальна	15	1	2,3	21,2	25	23,20

Продовження таблиці 1.10

075 Круглошліфувальна	15	1	2,3	21,2	25	23,20
080 Шліцешліфування	30	2	4,0	27,20	35	34,72
085 Круглошліфувальна	23	1	2,3	25,3	27	25,30
090 Круглошліфувальна	21	0,3	1,9	23,2	24	18,70
095 Шліцешліфувальна	30	1	2,8	21,1	20	26,50

1.9 Розробка керуючої програми на токарну обробку на верстатах з ЧПК

Для токарної обробки з ЧПК деталі вал (рис.1.8) розробимо керуючу програму в програмному продукті NX CAM.

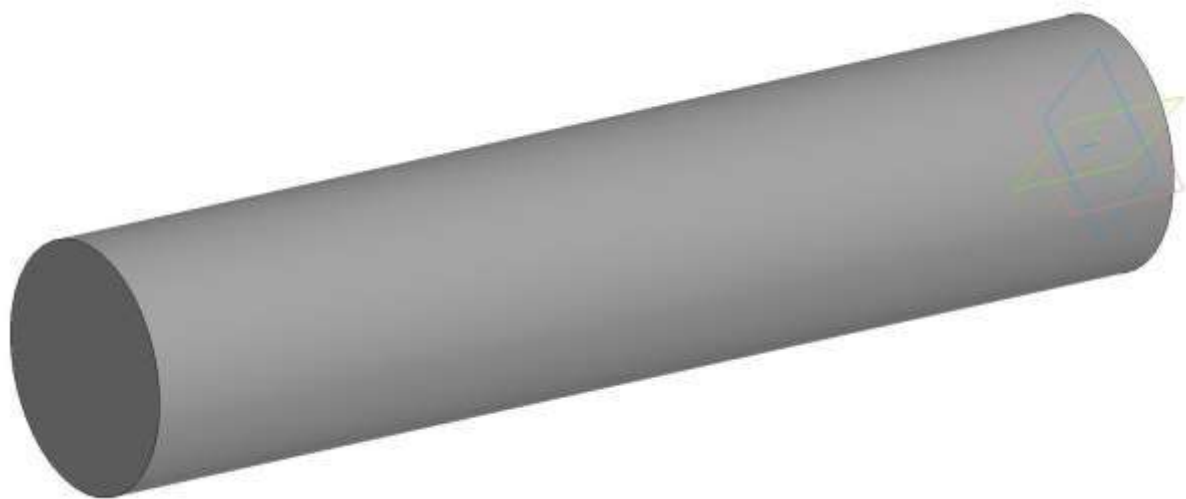


Рисунок 1.8 – Модель деталі до розробляємих операцій
(метод отримання прокат)

Спочатку створюємо 3D-модель деталі до механічної її обробки, тобто до виконання заданої операції (рис. 1.8), і після неї (рис. 1.9), формуючи умовний припуск, який необхідно видалити.

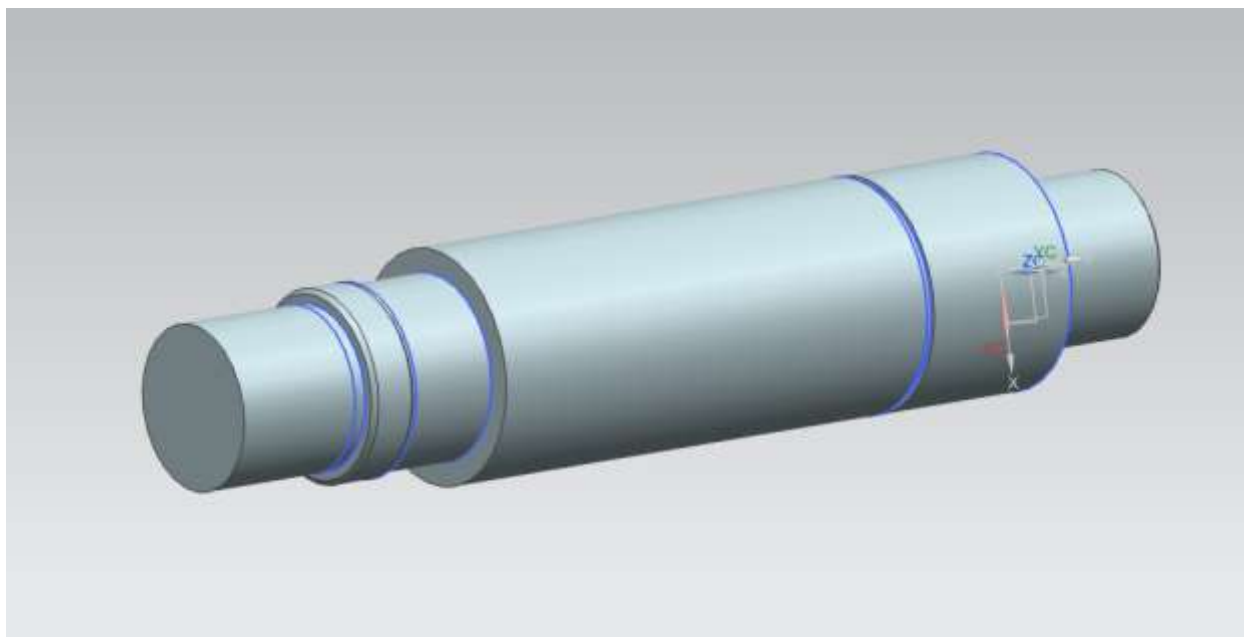


Рисунок 1.9 – Модель деталі після токарної обробки

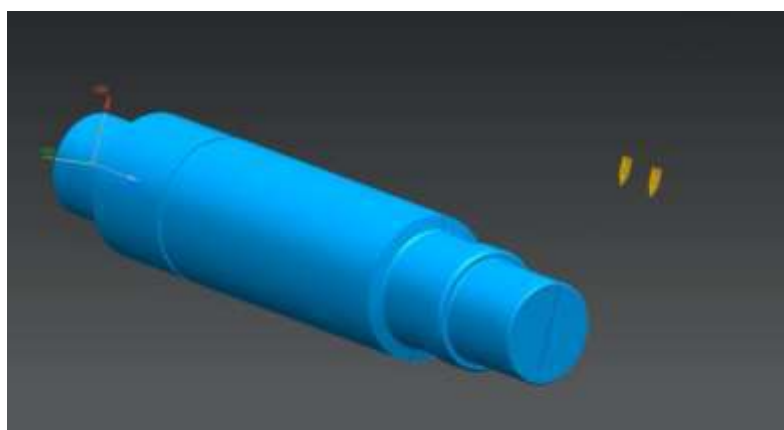


Рисунок 1.10 – САМ обробка деталі. «Нуль» інструменту.

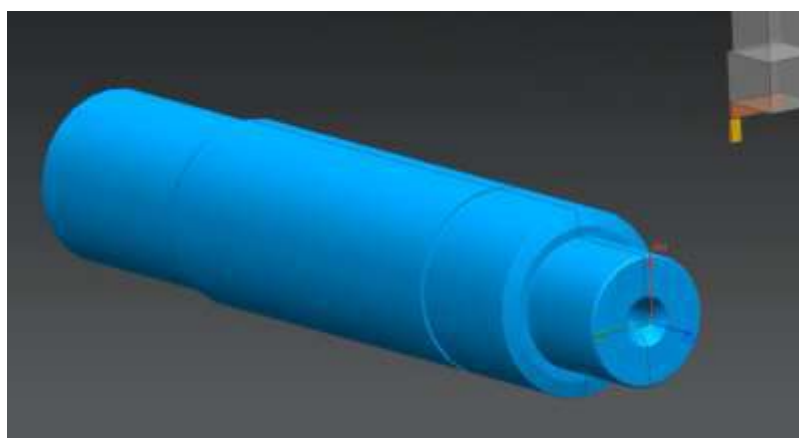


Рисунок 1.11 – САМ обробки деталі. Траєкторія різця.

```
GROUP(X,Z)
DIAMON
T01 D1
M5
G97 S0 M3
TRAFOOF
G642
G54
G0 X160. M8
Z-1.567
X76.4
G95 G1 X76. F.1
X-.4
Z-.567
G0
Z1.433
X76.4
Z-3.133
G1 X76.
X-.4
Z-2.133
G0
Z-.133
X76.4
Z-4.7
G1 X76.
X-.4
Z-3.7
```

Рисунок 1.12 – Фрагмент автоматично розробленої керуючої програми
токарної операції з ЧПК

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування токарного пристосування

2.1.1 Конструкція та принцип роботи

Пристосування (рис. 2.1) призначене для закріплення при токарній обробці деталі «Вал». Деталь закріплена кулачками 5, кулачки закріплені вінтами 21; 22. Затиск деталі приводиться після подачі стислого повітря в камеру з поршнем 10. Поршень піднімається и тягне за собою зуб 6, котрий штовхає штовхач 3 і тягне вниз рокер 2 який передає основне зусилля на затиск нашої деталі. Для того щоб стисле повітря подовалось у камеру без потерь, встановлено манжети 17, 13. Підвод воздуха приводиться к переходник 15 від вбудованого пневмоциліндра, що обертається.

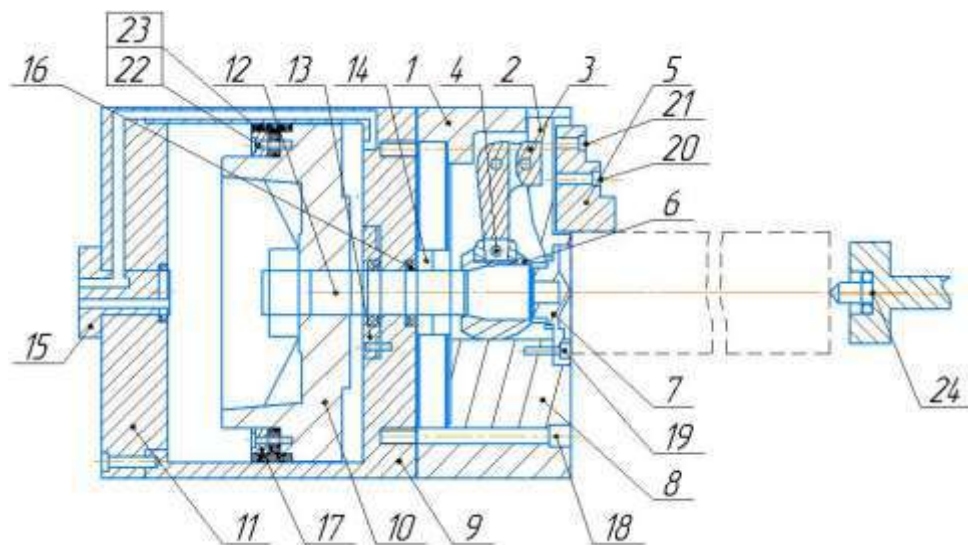


Рисунок 2.1 – Конструкція пристосування

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність

Похибка встановлення виражає похибку положення заготовки [10] і розраховується за формулою:

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

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

$\varepsilon_{\text{закр}}$ – похибка закріплення, мм.

Деталь затискається кулачками по Ø95 (рис. 2.2).

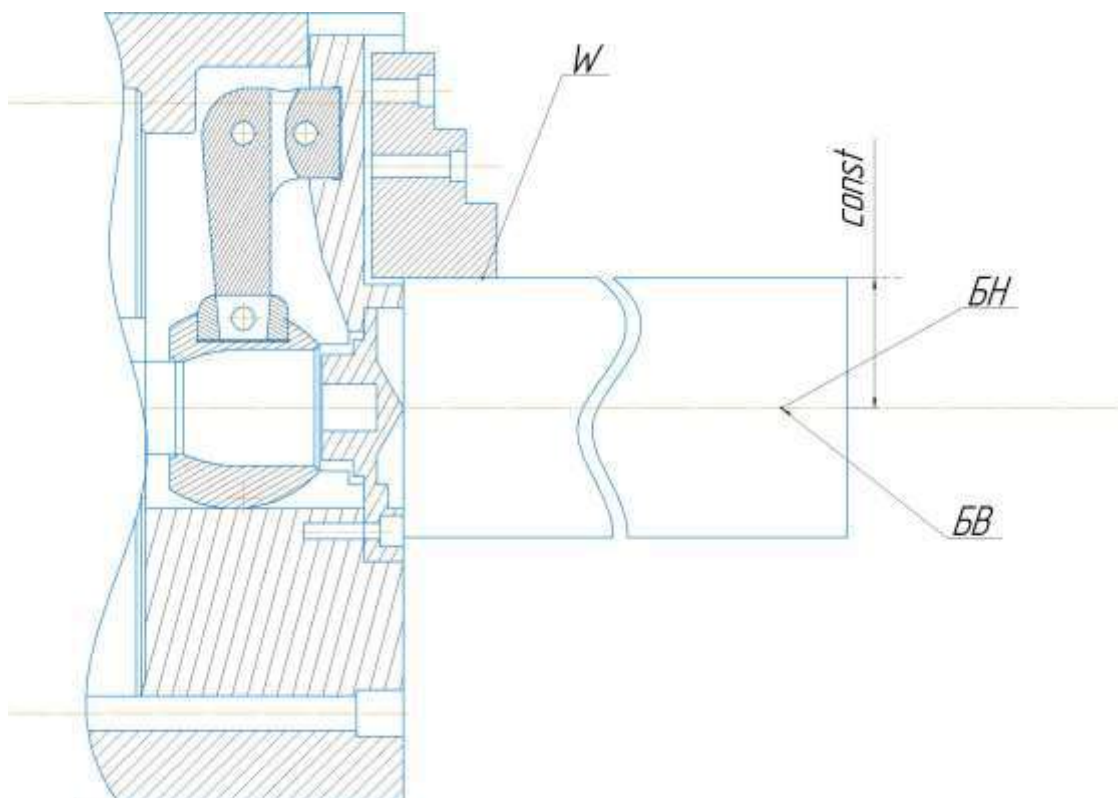


Рисунок 2.2 – Схема закріплення

Похибка базування [10] розраховується за формулою:

$$w_y = w_B + w_3 + w_{\text{пр}} \quad (2.2)$$

де w_B - похибка базування, мм;

w_3 - похибка закріплення, мм;

$w_{\text{пр}}$ - похибка пристрою, мм.

В даному випадку:

w_B – відхилення заготовки, досягнутого при базуванні від потрібного;
 $w_B = 0$;

w_3 – величина зсуву геометричних елементів заготовки відносно їх початкового положення, досягнутого при базуванні, в результаті пружних деформацій заготовки і установчих елементів пристрою під дією зусиль закріплення; $w_3 = 0$;

$w_{\text{пр}}$ – похибка, яка виникає в результаті неточності виготовлення пристрою і його спрацювання в процесі експлуатації; $w_{\text{пр}} = 0,005$ мм.

$$w_y = 0 + 0 + 0,005 = 0,005 \text{ мм}$$

Таким чином, отримана похибка биття при точінні деталі «Вал» 0,005мм відповідає допустимим технічним умовам.

2.1.3 Розрахунок необхідної сили затиску. Вибір приводу

Розрахунок сумарної сили $W_{\text{сум}}$ в кулачкових патронах і осьової сили Q на штоку механізованого приводу. Силу закріплення знайдемо за формулою:

$$W_{\text{сум}} = Wn, \quad (2.3)$$

де W - сила закріплення від одного кулачка, Н;

$W_{\text{сум}}$ - сумарна сила закріплення патрона, Н;

n - кількість кулачків патрона, шт.

W в основному залежить від крутного моменту $M_{\text{різ}}$, і коефіцієнта тертя між поверхнями оброблюваної деталі і кулачками патрона. $M_{\text{різ}}$ знайдемо за формулою:

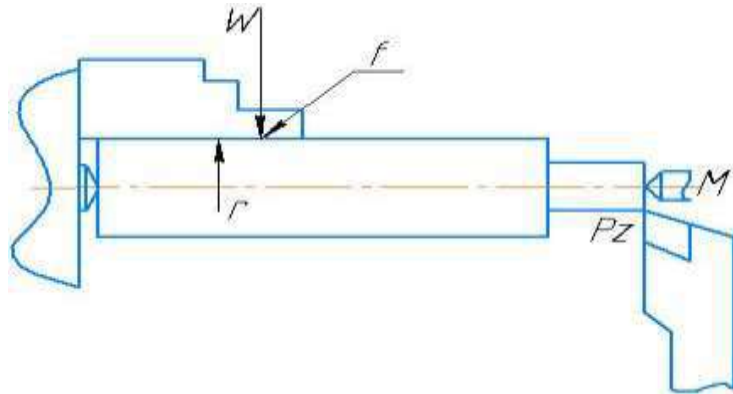


Рисунок 2.3 - Розрахункова схема

$$M_{\text{різ}} = \frac{P \cdot D}{2} \quad (2.4)$$

де $M_{\text{різ}}$ – крутний момент, Н·мм;

P – сила різання при точінні, Н;

D – діаметр деталі, мм $d=65$ мм.

$$M_{\text{різ}} = \frac{850 \cdot 65}{2} = 27\,625 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Складаємо рівняння відносно осі деталі, відповідно до розрахункової схеми:

$$3Tr = M$$

де T - сила тертя, Н;

r - радіус заготівки, $r=9$ мм.

Виразимо силу тертя та силу закріплення і коефіцієнт тертя:

$$T = Wf, \quad (2.5)$$

де f - коефіцієнт тертя, $f=0,4$.

Підставимо у формулу рівняння, отримаємо:

$$3Wfr = \frac{Pzd}{2} \quad (2.6)$$

Виразимо силу закріплення з цієї формули:

$$W = \frac{Pzd}{6fr} \quad (2.7)$$

$$W = \frac{850 \cdot 65}{6 \cdot 0,4 \cdot 9} = 5\,100 \text{ Н}$$

Розрахуємо силу тертя на силу закріплення і коефіцієнт тертя:

$$T = 5\,100 \cdot 0,4 = 2040 \text{ Н}$$

Знайдемо силу закріплення в пристосуванні за формулою:

$$W_{\text{сум}} = \frac{K \cdot P_z \cdot R_0}{f \cdot R} \quad (2.8)$$

де K – коефіцієнт запасу, $K=2,5$;

R_0 – радіус оброблюваної частини деталі, мм $R_0 = 65$ мм;

f – коефіцієнт тертя між робочою поверхнею кулачків та деталлю, яка обробляється;

R – радіус затисненої кулачками частини деталі, мм $R = 95$ мм.

$$W_{\text{сум}} = \frac{2,5 \cdot 850 \cdot 65}{0,4 \cdot 95} = 3634 \text{ Н}$$

Для забезпечення прямолінійного поступального руху застосовують силові циліндри одnobічної й двосторонньої дії. У циліндрі одnobічної дії

висування штока відбувається під дією тиску робочого тіла, а зворотний його рух - під дією маси виконавчого механізму, з яким з'єднаний циліндр. У циліндрі двосторонньої дії рух штока в обох напрямках відбувається тиском робочого тіла.

Для одержання гарантованого затиску необхідно забезпечити зажим не менш $F=3650$ Н. З огляду на, що в заводський пневмомережі $q_{\text{мереж}} = 0,6$ МПа, та можна обчислити необхідну площу пневмоциліндра:

$$P_{\text{max}} = F_4 \cdot q_{\text{мереж}} \quad (2.9)$$

$$F_4 = \frac{P_{\text{max}}}{q_{\text{мереж}}} = \frac{3650}{0,6} = 6000 \text{ мм}^2$$

Знаючи площу можна знайти діаметр пневмоциліндра. Розраховуємо діаметр пневмоциліндра за формулою:

$$F_4 = \frac{\pi \cdot d_4^2}{4} \quad (2.10)$$

$$d_4 = \sqrt{\frac{4 \cdot F_4}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6000}{3,14}} = 87,4 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр пневмоциліндра $d_4 = 90$ мм.

По розрахункам, ми знайшли діаметр пневмоциліндра, який буде відповідати вимогам і затискати деталь з зусиллям для забезпечення її надійного закріплення.

Прийнята конструкція пристосування є раціональною, цілком відповідає заданому типу виробництва и можливостям його реалізації.

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Контрольне пристосування (рис. 2.4) призначено для вимірювання радіального биття зовнішніх поверхонь. Воно являє собою плиту 1, на якій знаходиться корпус 2; 5. Центри запресовані у втулки 11 та встановлені в корпус 2; 5. Коли іде тиск на важіль 14, пружина стискається, і центр відводиться; після цього можна встановити деталь. Після зняття тиску на важіль, деталь центрується по центральним отворам. Встановлюємо індикаторні часи і виставляємо по поверхні, яку необхідно перевірити на допустиме биття, встановлюємо на нуль. Вручну обертаємо деталь відносно вісі, і заміряємо величину биття.

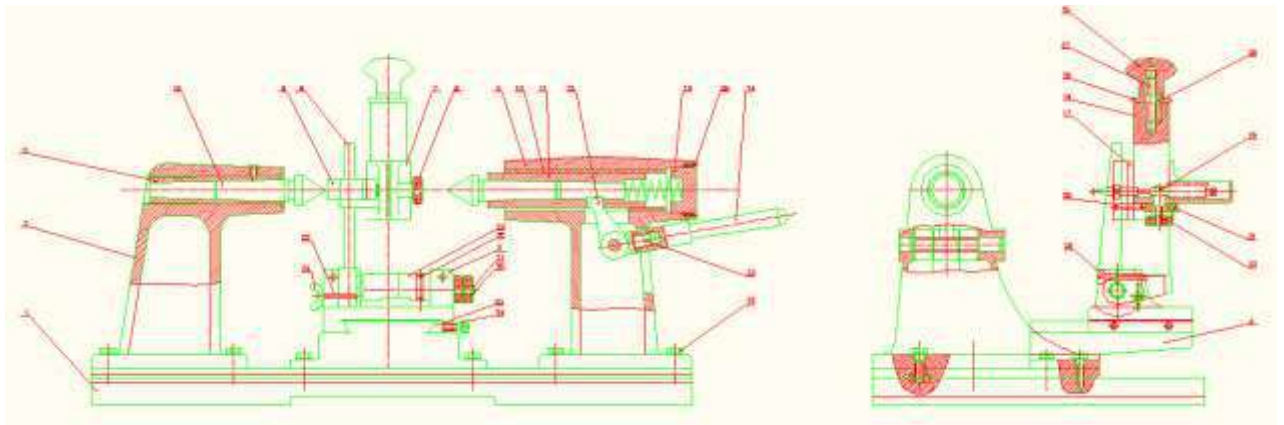


Рисунок 2.4 – Контрольне пристосування

2.3 Розрахунок на міцність деталі

Перевірку валу редуктора на міцність виконаємо на основі отриманих максимальних навантажень в небезпечному перерізі. Оцінку міцності деталі виконаємо на основі порівняння отриманого коефіцієнту запасу міцності з довідковим. Коефіцієнт запасу міцності залежить від ступеня відповідальності

конструкції та умов її експлуатації і визначається за наступною формулою (2.11) і має бути не менше вказаного діапазону:

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

де $[\sigma]$ – допустиме значення границі плинності сталі 45, $[\sigma] = 850$ МПа;

σ_{max} - максимальне напруження, яке виникає в деталі, МПа.

При роботі вал витримує навантаження згину від сил в зачепленні шліців від блоку зубчастих коліс і шестерні, які встановлюються на нього. За рахунок передачі крутного моменту через шліци, вони також витримують крутильні навантаження. Для валу небезпечними місцями в конструкції є місце перетину поверхонь у основі шліців.

Розрахунок напружено-деформованого стану деталі виконуємо у модулі NX CAM. С початку було створено 3D-модель валу. На рисунку 2.5 зображена конструкторська модель валу, підготовлена в CAD системі Siemens NX.

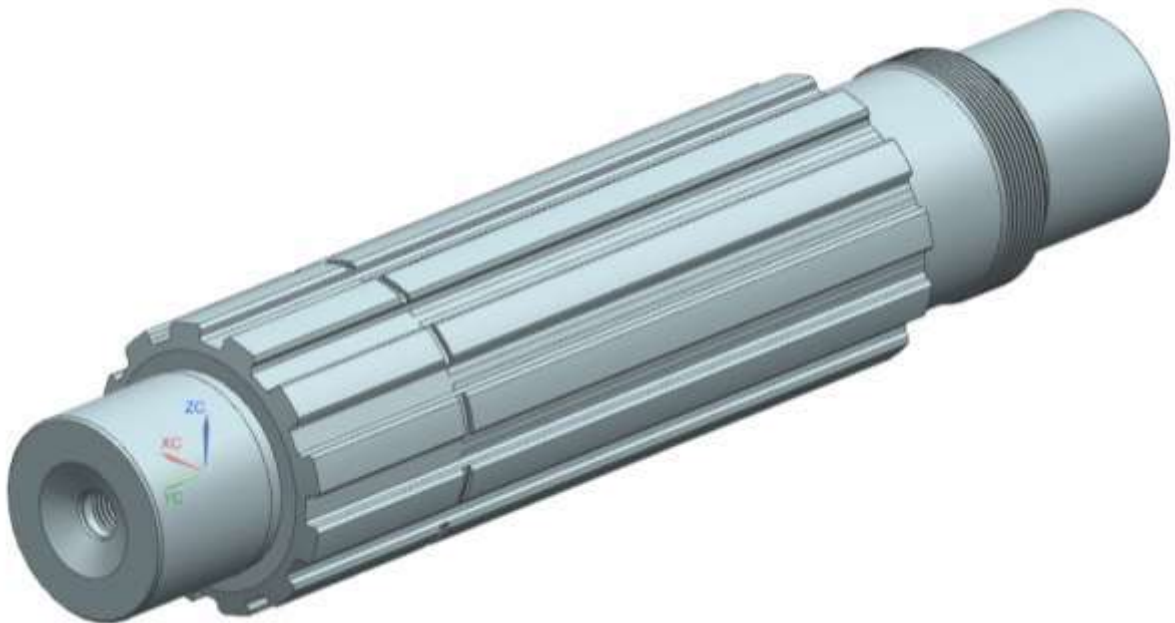


Рисунок 2.5 – Конструкторська модель валу

Для виконання розрахунку на статичну міцність ця модель була

спрощена в частині видалення додаткових елементів (фасок, різьби, закруглень). Дана процедура виконується з метою побудови більш якісної сітки кінцевих елементів, що забезпечить оптимальне співвідношення точності виконаного розрахунку та затрат машинного часу.

Геометрична модель наведена на рисунку 2.6. Сітка кінцевих елементів розрахункової моделі наведена на рисунку 2.7.

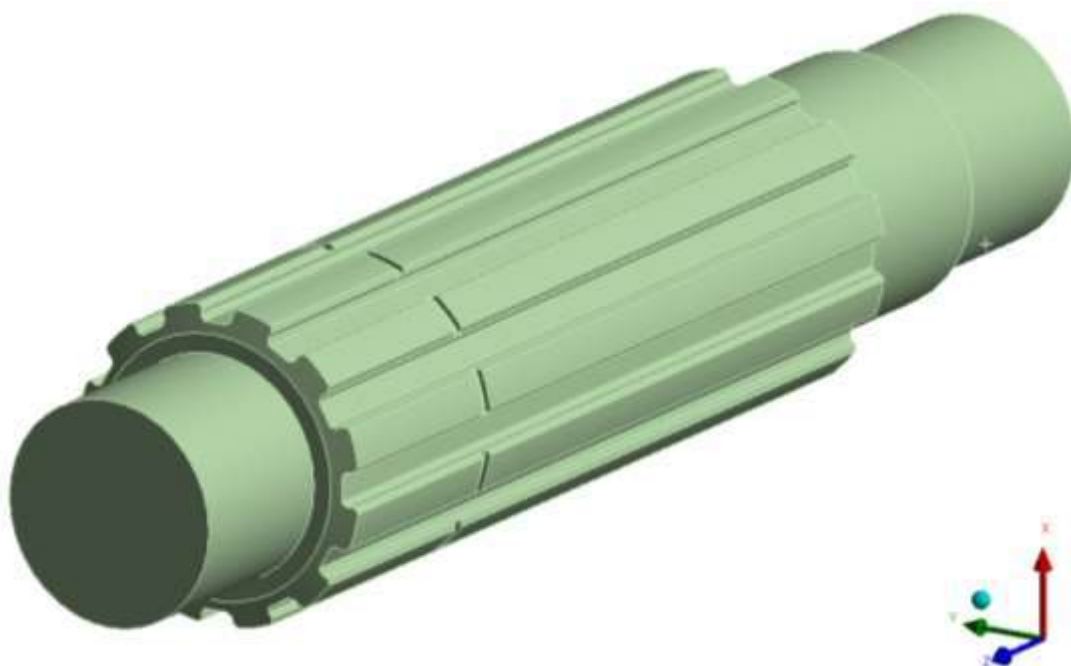


Рисунок 2.6 – Геометрична модель валу

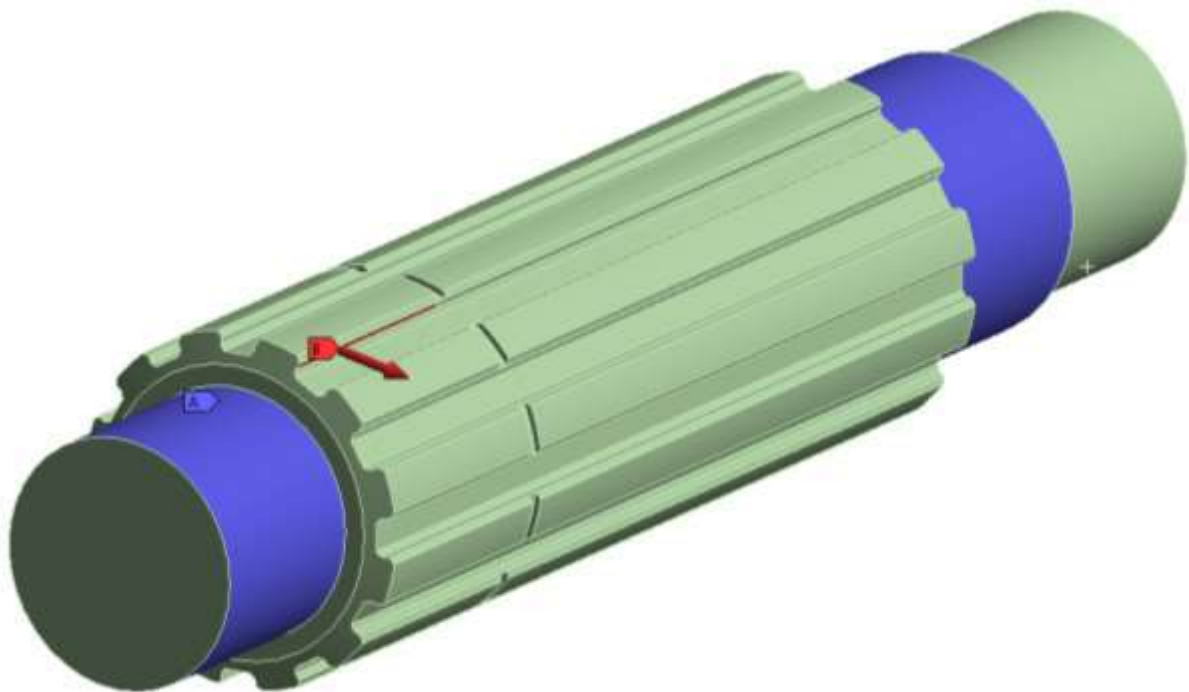


Рисунок 2.7 – Сітка кінцевих елементів розрахункової моделі валу

Розрахунок на статичну міцність виконаний в окремому модулі Static Structural CAE системи ANSYS Workbench.

Навантаження прикладене до контактної поверхні одиничного шліца. Навантаження є результируючим радіальної (500 Н) та крутної сили (1500 Н). Вал зафіксовано по циліндричним поверхням за допомогою команди Fixed Support.

Граничні умови закріплення і навантаження розрахункової моделі валу наведені на рисунку 2.8.



А – зони фіксації; В – прикладена рівнодіюча сила

Рисунок 2.8 – Граничні умови закріплення і навантаження розрахункової моделі валу

В результаті проведеного розрахунку отримано напружено-деформований стан розрахункової моделі, що представлений на рисунках 2.9 та 2.10 у вигляді градієнтного розподілу еквівалентних напружень (оцінка виконується по Мізесу, згідно четвертої теорії міцності) по поверхні розрахункової моделі. Як видно із рисунка 2.10, напруження по шліцьовій

поверхні розподілені рівномірно, за виключенням концентрації напружень в зоні переходу від регулярної зони до торця валу. Це пов'язано більшою ймовірністю деформуватися в зоні даного переходу. Для зменшення напружень в даному небезпечному перерізі в цій конструкції обов'язково необхідно виконати операції «затуплення» гострих кромek шляхом шліфування або конструктивно закласти заокруглення чи фаску.

Altair HyperMesh
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1 s
24.04.2024 15:33

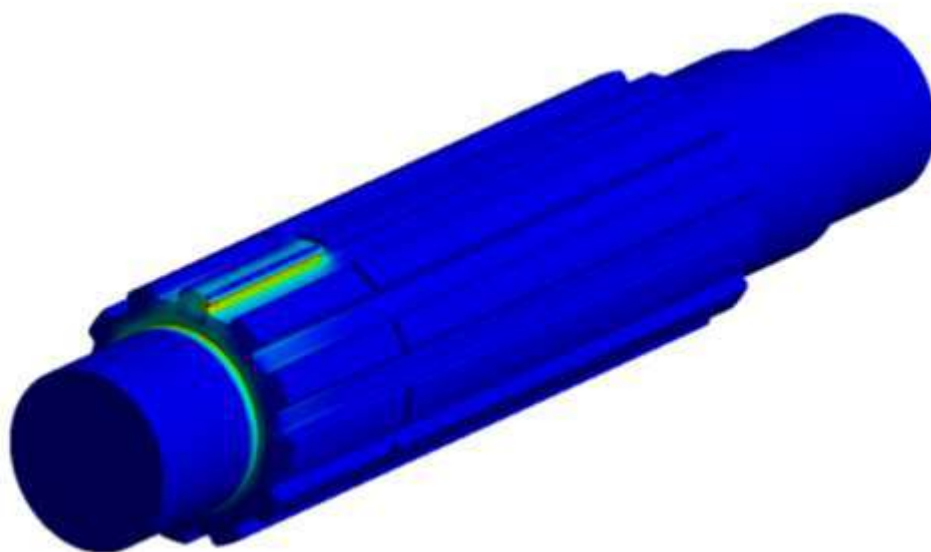
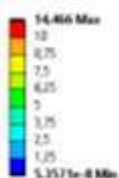


Рисунок 2.9 – Загальний напружено-деформований стан розрахункової моделі валу

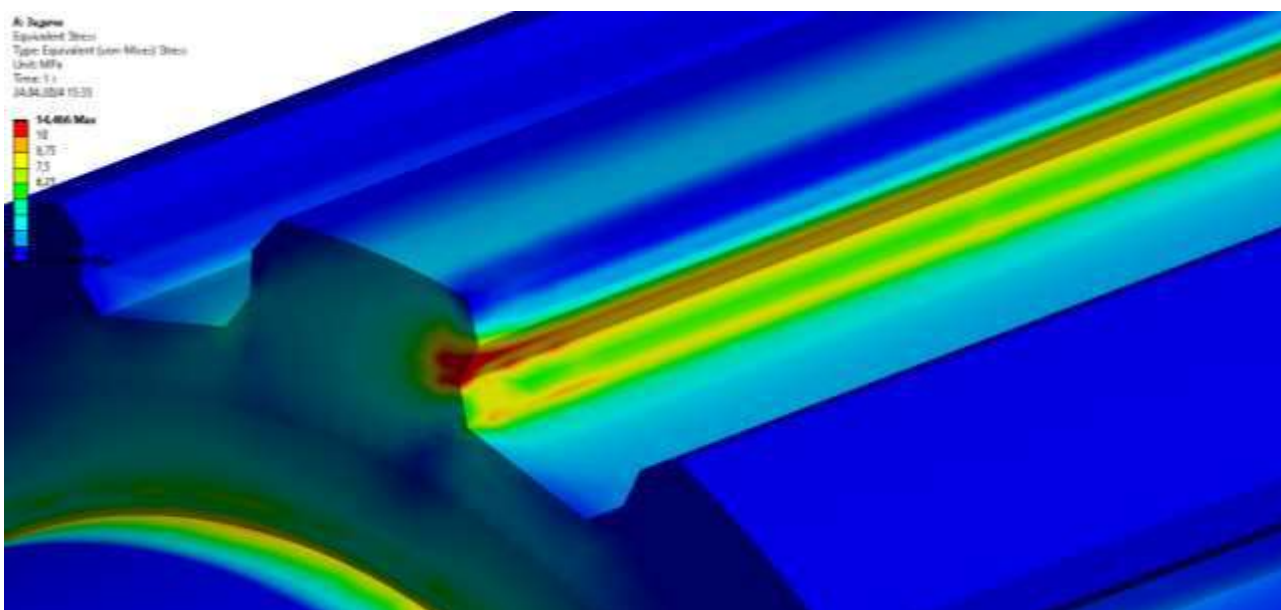


Рисунок 2.10 – Локальний напружено-деформований стан шліцьової зони
розрахункової моделі валу

Згідно формули (2.11) розрахуємо коефіцієнт запасу міцності по напруженням в моделі:

$$\kappa = \frac{850}{274,98} = 3,1.$$

Результати розрахунку виявили більший ніж трикратний запас міцності валу. Тому конструкцію деталі та її розміри можна вважати прийнятими.

3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

Річну верстатоемність розрахуємо для кожної операції за формулою:

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

де N – річна програма випуску.

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

Розраховуємо кількість верстатів, необхідних для виконання операції за формулою:

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

де $F_g \cdot m = 4000$ рік – фонд часу роботи верстатів дільниці за рік.

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

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

Коефіцієнт завантаження верстата визначаємо за формулою:

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

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

Визначаємо середній коефіцієнт завантаження верстатів за формулою:

$$\overline{K_3} = \frac{\sum sp}{\sum sn} \quad (3.4)$$

$$\overline{K_3} = \frac{3,74}{14} = 0,27.$$

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

Параметри	Номер операції				
	015	025	030	035	040
	Модель верстата				
	MP-71M	SE520	SE520	SE520	SE520
t _{шт-к}	21,40	25,30	25,30	33,20	31,20
T	240000	131200	131200	131200	131200
S _p	0,3	0,7	0,5	0,3	0,25
S _n	1	1	1	1	1
K ₃	0,5	0,7	0,48	0,3	0,78
Параметри	Номер операції				
	045	070	075	080	085
	Модель верстата				
	5350A	3H130B	3H130B	3B451B-2	3H130B
t _{шт-к}	23,20	23,20	34,72	25,30	18,70
T	310000	450000	450000	382000	450000
S _p	0,7	0,5	0,3	0,3	0,2
S _n	1	1	1	1	1
K ₃	0,3	0,78	0,48	0,5	0,48
Параметри	Номер операції				
	090		095		
	Модель верстата				
	3H130B		3B451B-2		
t _{шт-к}	18,70		26,50		
T	450000		382000		
S _p	0,15		0,15		
S _n	1		1		
K ₃	0,48		0,37		

Призначаємо багатOVERстатну обробку на токарній групі верстатів з ЧПК. Максимальне значення основного часу на операції 035 буде 32,8 хв.

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

$$m_s = \frac{t_{\text{max}} + t_{\text{доп}}}{t_{\text{доп}} + t_{\text{пер}}}$$

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

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

$$m_s = \frac{22,5+3}{2,55+0,15} = 9,4.$$

Число операторів у зоні обслуговування розраховуємо за формулою:

$$R_j = \frac{\sum S_n}{m_{sj}} \quad (3.5)$$

$$R_1 = \frac{4}{9,4} = 0,42.$$

Згідно розрахунків для роботи на чотирьох верстата призначаємо одного оператора. Таким чином, для обслуговування 14 верстатів необхідно 11 робочих операторів та верстатників.

Але через те що середній коефіцієнт завантаження верстатів досить малий (0,27), то діляницю виробництва деталей «Вал» необхідно завантажити типовими деталями схожого типорозміру до рівня $\overline{K_3} > 0,85$.

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

При виборі пристосувань обирали між двома варіантами – з механічним приводом, тобто механізоване (1-й варіант – а) та з ручним затиском (2-й варіант – б). Розрахуємо економічне обґрунтування вибору одного з варіантів.

Собівартість першого варіанту пристосування щодо використання розраховується за формулою:

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

де Z_a – заробітна плата робітників за одну деталь для механізованого пристосування, грн;

H – цехові накладні витрат у % до заробітної плати, H = від 200% до 300% [8];

S_a – витрати на виготовлення першого пристосування, грн;

Π – річна програма випуску деталей, шт;

A – строк амортизації пристосування в роках, $A = 3$ [8];

Q – витрати, пов'язані з експлуатацією пристосувань (ремонт, регулювання, зберігання) у % від їх вартості [8]

Заробітна плата робітника за одну деталь розраховується за формулою:

$$Z = t_{\text{шт}} \cdot Z_{\text{хв}} \quad (4.2)$$

де $t_{\text{шт}}$ – штучний час, хв;

$Z_{\text{хв}}$ – хвилинна ставка робітника 4- го розряду, грн [8];

$$Z = 32,8 \cdot 0,96 = 31,48 \text{ грн}$$

Витрати на виготовлення нового пристосування, розраховуємо за формулою:

$$S = C_B \cdot N \quad (4.3)$$

де C_B – затрати на одну деталь пристосування, для пристроїв середньої складності $C_n = 150$, грн [8];

N – кількість деталей в пристосуванні, шт.

$$S = 150 \cdot 36 = 5400 \text{ грн.}$$

Витрати, пов'язані з експлуатацією механізованого пристосування розраховуємо за формулою:

$$q = S \cdot 20\% \quad (4.4)$$

$$q = 5400 \cdot 20\% = 1080$$

$$C_a = 31,48 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{5400}{4000} \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{1080}{100}\right) = 109,44 \text{ грн}$$

Собівартість використання другого варіанту пристосування розраховується за формулою:

$$C_B = Z_B \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right) + \frac{S_B}{\Pi} \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right) \quad (4.5)$$

де Z_B – заробітна плата робітника за одну деталь, грн;

S_B – витрати на виготовлення старого пристосування, грн.

Заробітна плата робітника за одну деталь для другого пристосування розраховуємо за формулою (4.2):

$$Z = 32,8 \cdot 1,28 = 42 \text{ грн}$$

Витрати на виготовлення другого пристосування, розраховуємо за формулою (4.3):

$$S = 75 \cdot 16 = 1200 \text{ грн}$$

Витрати, пов'язані з експлуатацією другого пристосування розраховуємо за формулою (4.4):

$$q = 1200 \cdot 20\% = 240$$

$$C_B = 42 \cdot \left(1 + \frac{300}{100}\right) + \frac{1200}{4000} \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{240}{100}\right) = 169,02 \text{ грн}$$

Для визначення найбільш вигідного пристосування, скористуємося формулою:

$$P_K = \frac{(S_a - S_B) \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right)}{(3_B - 3_a) \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right)} \quad (4.6)$$

$$P_K = \frac{(5400 - 1200) \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{1080}{100}\right)}{(42 - 31,48) \cdot \left(1 + \frac{250}{100}\right)} = 1266 \text{ шт}$$

Отриманий результат розрахунку при якому річна програма випуску валу $P=4000 > P_K=1266$ довів, що при виробництві деталі «вал» з планом випуска деталей 4000 штук, більш вигідно використовувати перше механізоване пристосування з пневмоприводом.

Річний економічний ефект складає:

$$E_p = (169,02 - 109,44) \cdot 4000 = 238320 \text{ грн.}$$

5 ОХОРОНА ПРАЦІ І ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС СЛЮСАРНИХ РОБІТ

5.1 Загальні положення

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Розглянемо заходи безпеки під час слюсарних робіт, кількість і тривалість яких в машинобудуванні дуже значна.

5.2 Особи, які допускаються до виконання слюсарних робіт

До роботи на слюсарних дільницях допускаються особи що:

- пройшли вступний та первинний інструктаж;
- пройшли медичний огляд;
- ознайомились з охороною праці на слюсарній дільниці;
- ознайомились з обладнанням та організацією виробництва;

Загальні положення перед початком робіт на робочому місці наступні.

Перед початком робіт треба:

- перевірити устаткування; пристосування; інструмент; огорожі;
- обов'язково перевірити вентиляцію через наявність дрібних часток стружки або шліфувальних абразивних часточок і пилу під час роботи;
- забезпечитися у вільному пересуванні по дільниці, щоб на підлозі були відсутні речовини на котрих можна впасти;
- важливо: на робоче місце допускаються робітники у одягнутому робочому одязі (або спецформі), і ходити в анти-слизькому взутті.

5.3 Вимоги щодо безпеки під час роботи

Під час роботи:

- на лещатах треба відпускати важіль плавно, під час закріплення деталі не прикладати великих зусиль на важіль;
- зняття гострої кромки з деталі треба виконувати тільки в захисних рукавицях;
- при різанні металу ручним способом треба міцно закріплювати ножівкове полотно;
- треба дотримуватися загальної трудової дисципліни та виконувати завдання тільки по дорученню майстра, чи старшого майстра;
- при роботі на заточувальному верстаті не можна здувати стружку ротом, треба використовувати щітку, гачок.

Під час закінчення робіт:

- необхідно прибрати на своєму робочому місті, скласти інструмент і матеріали;
- треба очистити робоче місто від бруду, сховати легко-займисті речовини, пристосування тощо;
- про всі недоліки устаткування терміново повідомляти майстра або старшого майстра;
- при виході необхідно перевірити, щоб все електрообладнання було вимкнене.

5.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

В аварійних ситуаціях необхідно:

- вимкнути всі електроприлади та обладнання;
- сповістити про ситуацію майстру або старшому майстру про виникнення можливої надзвичайної ситуації;

- при наявності постраждалих надати медичну допомогу;
- при займанні електроприладу вимкнути рубильник (уважно: заборонено їх гасити водою, тільки пісок, порошковий або кислотний вогнегасник).

ВИСНОВОК

Було розроблено технологічний процес виготовлення деталі вал, з врахуванням його конструктивних особливостей. Під час обробки було забезпечено достатню його жорсткість.

Було економічно обґрунтовано отримання заготовки з круглого прокату після проведення розрахунку додаткових витрат; коефіцієнт використання матеріалу складає 0,71. Економічний ефект від впровадження отримання заготовки з прокату становив 883298 грн.

Був розроблений маршрут виготовлення деталі, в якому представлені сучасні верстати з ЧПК. За рахунок цього зменшився загальний час оброблення деталі та собівартості її виготовлення.

Для токарної обробки на верстаті з ЧПК була розроблена керуюча програма в програмному забезпеченні NX CAM.

Було спроектовано робоче пристосування для токарної операції, проведені необхідні розрахунки: розраховано похибку встановлення, проведено розрахунок на точність, розраховано зусилля затиску і обрано параметри пневмоприводу. Також було запропоновано контрольне пристосування для контролю радіального биття.

В міцностному комп'ютерному пакеті NX вал було розраховано на міцність, тобто встановлено, що запас міцності при прикладенні експлуатаційних граничних умов та навантажень складає 3,1, що навіть більше необхідного допустимого інтервалу 1,5...3.

Економічно обґрунтовано вибір механізованого пристосування з двох запропонованих варіантів. Річний економічний ефект від використання обраного пристосування складає 238320 грн.

Зроблено основні розрахунки для планування ділянки з виробництва деталі «Вал». Було визначено кількість технологічного обладнання – 14 верстатів, чисельність основних виробничих верстатників – 11 осіб.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Сталь 45. Властивості, застосування [Електронний ресурс].
Режим доступу: <https://steelgroup.com.ua/chornyj-metal/45/#:~:text=>

2 Богуслаєв В.О. Основи технології машинобудування. Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів / В. О. Богуслаєв, В. І. Ципак, В.К. Яценко – Запоріжжя, вид. ВАТ «Мотор Січ», 2003. – 336 с.

3. Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів з вивчення курсу “Механоскладальні дільниці та цехи у машинобудуванні” для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» ОП „Технології машинобудування” всіх форм навчання/ уклад. В. В.Кононов, В. О. Логомінов – Запоріжжя : ЗНТУ, 2019 – 37 с.

4. Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів з вивчення курсу “Технології обробки типових деталей та складання машин” для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» ОП „Технології машинобудування” всіх форм навчання / Укл. В.В. Кононов, В.О. Логомінов – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019 – 26 с..

5. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин», для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», освітньої програми (спеціалізації) «Технологія машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія», всіх форм навчання / Укл.: Гончар Н. В., Тришин П. Р. – Запоріжжя : НУЗП, 2019. – 61с.

6. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності

131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» та спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітніх програм «Металорізальні верстати та системи» і «Колісні та гусеничні транспортні засоби» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання 4-е). Під ред. Гончар Н.В. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2022 – 61 с.

7. Довідник технолога-машинобудівника: в 2 т. Т. 2. / [під. Ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М: Машинобудування, 1985 – 652 с.

8. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин», для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», освітньої програми «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання/ Укл.: Гончар Н.В., Тумарченко Л.О. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 61 с.

9 Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологічна оснастка» для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / уклад.: О. Б. Козлова, Н. В. Гончар , Є. В. Вишнепольський – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 46 с.

10. Богуслаев В.А. Станочні пристосування / В.А. Богуслаев, В.А. Леховищер, А.С. Смиров – Запоріжжя: ОАО «Мотор Січ», 2000. – 430 с.

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

12. Методичні рекомендації для дипломного проекту «Оцінка економічної ефективності технічних рішень» для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології

машинобудування» усіх форм навчань / Укл. Г.В. Пухальська – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2023р. – 43 с.

13 Розрахунок режимів різання для шліцефрезеруванні [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://steelgroup.com.ua/chornyj-metal/45/#::~:~:text>

14. Вибір і призначення режимів при точінні [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5398901/page:2/>

15 Розрахунок режимів різання при зубонарізанні [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://studfile.net/preview/7762219/page:9/>

Додаток А

Специфікація робочого пристосування

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	кол	Примечание	
						Документация			
		A3			НУЗП 292212.008	Складальне креслення			
						Сборочные единицы			
			24			Центр прайї	1		
						Детали			
				1		Корпус передній	1		
				2		Рокер	3		
				3		Толкатель	3		
				4		Палец	9		
				5		Кулачок	3		
				6		Зуб	3		
				7		Центр	1		
				8		Опора	1		
				9		Корпус задній	1		
				10		Поршень	1		
				11		Кришка задня	1		
				12		Вал	1		
				13		Кільце притискне	1		
				14		Ролик	2		
		Изм. Лист № докум. Подп. Дата НУЗП 292212.008							
		Разраб. Конанов Г.В.					Лист Лист Листов		
		Пров. Гончар Н.В.					1 2		
		Н.контр. Дядя С.І					М-111СП		
		Утв. Дядя С.І							
		Копіював					Формат A4		

[illegible]

Додаток Б
Технологічні карти

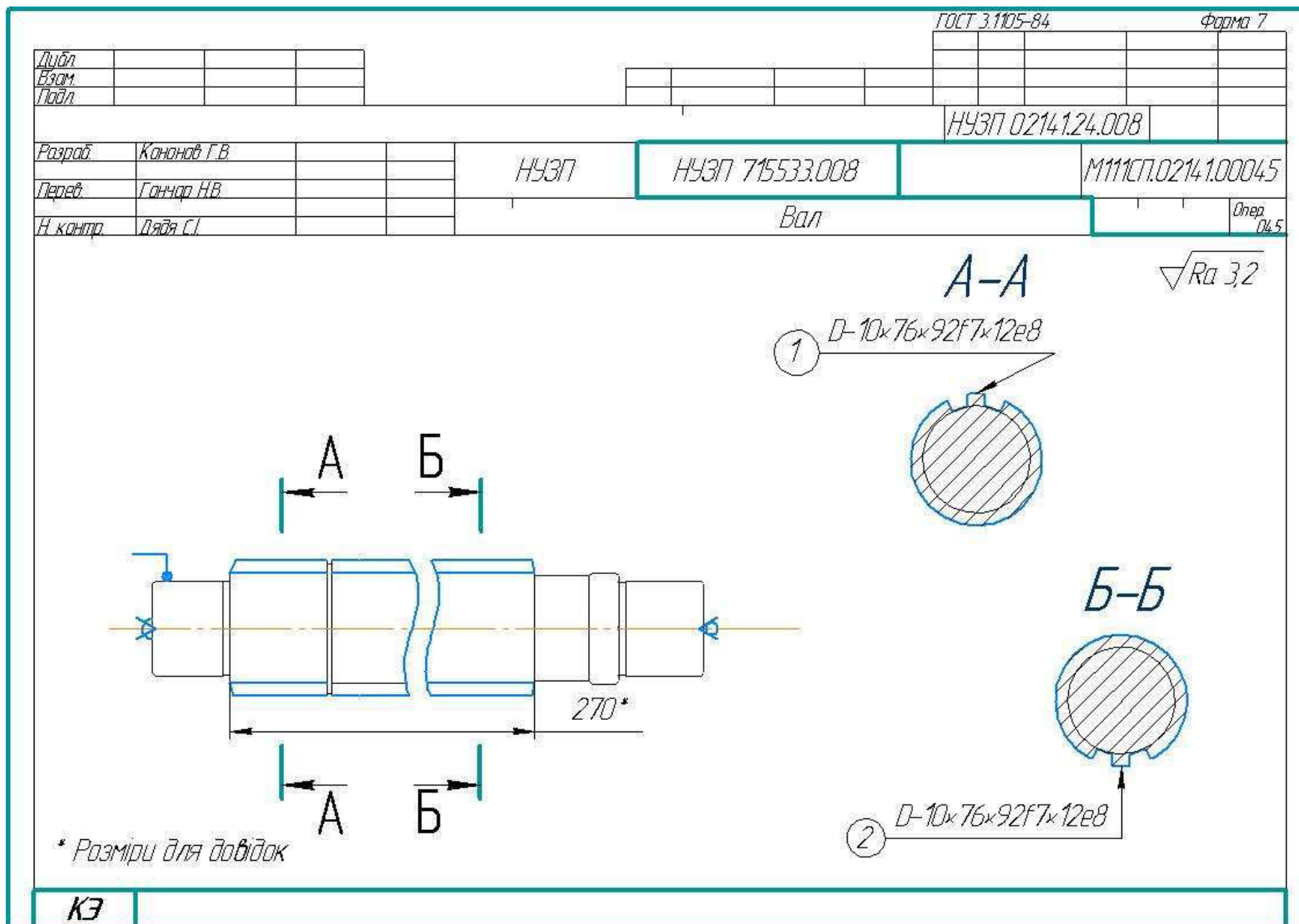
ГОСТ 3.1118-82															форма 2					
Дир.																				
Б.з.м.																				
Подл.																				
										НУЗП 02141.24.008			Листов 5		Лист 1					
Разработ.	Головко Г.В.						НУЗП			НУЗП 715333.008			М 111СП 02141.00001							
Перед.	Гонимар Н.В.																			
Начальн.	Дяди С.А.						Вал													
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код наименования операции				Описание документа											
Б					Код наименования оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КО	Д	ЕН	ОП	Клп.	Тпв	Тшт.
КМ					Наименование детали, сборки или материала				Описание кода							ОП	ЕН	ЕН	КВ	Н.р.с.
01				005	4100 Застежка				ЮП №0001											
02	381800				Прокат				2	XXXXX	6	2	1	48	шт.	10	1			
03																				
04				010	5010 Термическая обработка				ЮП №0002											
05	344210				Электропечь Н-75				2	19100	5	2	1	48	шт.	10	1			
06																				
07				015	4262 Фрезерно-центровальная				ЮП №0003											
08	381621				Фрезерно-центровальный МР-71М				2	19479	5	1	1	48	шт.	72	1	30	21,40	
09																				
10				020	0190 Станочная				ЮП №0004											
11	XXXXX				Станочный верстак				4	18446	3	1	1	48	шт.	72	1			
12																				
13				025	4233 Токарная ЧПУ				ЮП №0005											
14	381021				Токарный ЧПУ SB 520				1	16045	6	1	1	48	шт.	72	1	27	25,30	
15																				
МК Маршрутная карта																				

										ГОСТ 3.1118-82 форма 2										
Дат.																				
Взам.																				
Год.п.																				
										НУЗП/0214124.008 Листов 3 Лист 2										
										НУЗП										
										НУЗП/15533.008										
										М 111СП10141.00001										
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код наименования операции					Обозначение документа										
Б	Код наименования оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КО	Д	ЕН	ОП	Кшт.	Тн	Пшт.			
01				030	4233 Токарная с ЧПУ					ЮП №0005										
02	381021				Токарный с ЧПУ SB 520					1	16045	6	1	1	48	шт.	72	1	27	25,30
03																				
04				035	4233 Токарная с ЧПУ					ЮП №0005										
05	381021				Токарный с ЧПУ SB 520					1	16045	6	1	1	48	шт.	72	1	30	33,20
06																				
07				040	4233 Токарная с ЧПУ					ЮП №0005										
08	381021				Токарный с ЧПУ SB 520					1	16045	6	1	1	48	шт.	72	1	30	31,20
09																				
10				045	4260 Шлиффрезерная					ЮП №0006										
11	381573				Шлиффрезерный 5350А					2	19479	6	1	1	48	шт.	72	1	25	23,20
12																				
13				050	0190 Станочная					ЮП №0004										
14	XXXXXX				Станочный верстак					4	18446	3	1	1	48	шт.	72	1		
15																				
МК Маршрутная карта																				

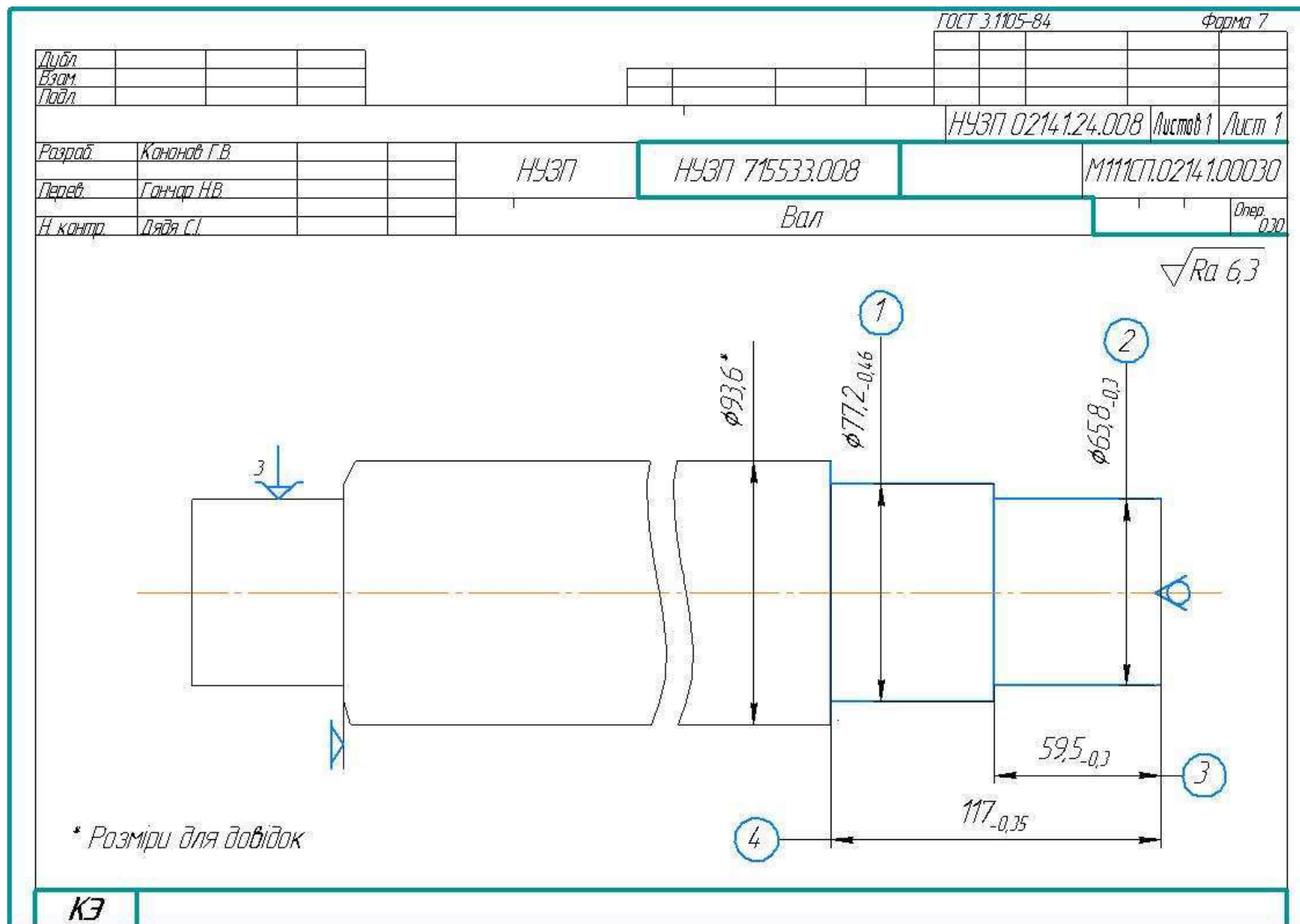
										ГОСТ 3.1118-82		форма 2							
Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
										НУЗП 02141.24.008		Листов 3							
										НУЗП		НУЗП 71533.008							
												М-111СП10141.00001							
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код наименования операции				Описание документа										
Б	Код наименования оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОД	ЕН	ОП	Куп.	Тнз	Тшт.				
01				055	0125 Майна				ЮП №0007										
02	514230				Майна машина ММ-3				1	11629	6	2	1	48	шт.	72	1		
03																			
04				060	5000 Термична				ЮП №008										
05	XXXXXX				Загартувачка				2	19100	6	3	1	48	шт.	72	1		
06																			
07				065	5000 Термична				ЮП №0009										
08	XXXXXX				СВЧ				2	19104	6	3	1	48	шт.	72	1		
09																			
10				70	4131 Круглошліфувальна				ЮП №0010										
11	381Б11				Круглошліфувальний 3Н130В				2	19630	6	1	1	48	шт	72	1	25	23,20
12																			
13				75	4131 Круглошліфувальна				ЮП №0010										
14	381Б11				Круглошліфувальний 3Н130В				2	19630	6	1	1	48	шт	72	1	35	34,72
15																			
МК		Маршрутная карта																	

										ГОСТ 3.1118-82		форма 2				
Дубл.																
Взам.																
Подл.																
										НУЗП 02141.24.008		Листов 3	Листов 4			
				НУЗ П		НУЗП 715533.008				М 111С П02141.00001						
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код наименования операции				Описание документа							
Б	Код наименования оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КО	В	ЕН	ОП	Кшт.	Тш.	Тшт.
01				80	4150 Шлифовальная				ЮП №0011							
02	381315			Шлифовальный наждастомаст 3В451В-2		2	19680	6	1	1	48	шт.	72	1	27	25,30
03																
04				85	4131 Круглошлифовальная				ЮП №010							
05	381311			Круглошлифовальный 3НП30В		2	19680	6	1	1	48	шт.	72	1	24	18,70
06																
07				90	4131 Круглошлифовальная				ЮП №0010							
08	381311			Круглошлифовальный 3НП30В		2	19680	6	1	1	48	шт.	72	1	24	18,70
09																
10				95	4150 Шлифовальная				ЮП №0011							
11	381315			Шлифовальный наждастомаст 3В451В-2		2	19680	6	1	1	48	шт.	72	1	20	26,50
12																
13				100	0190 Стасарна				ЮП №0004							
14	XXXXX			Стасарный верстак		4	18446	3	1	1	48	шт.	71	1		
15																
МК Маршрутная карта																

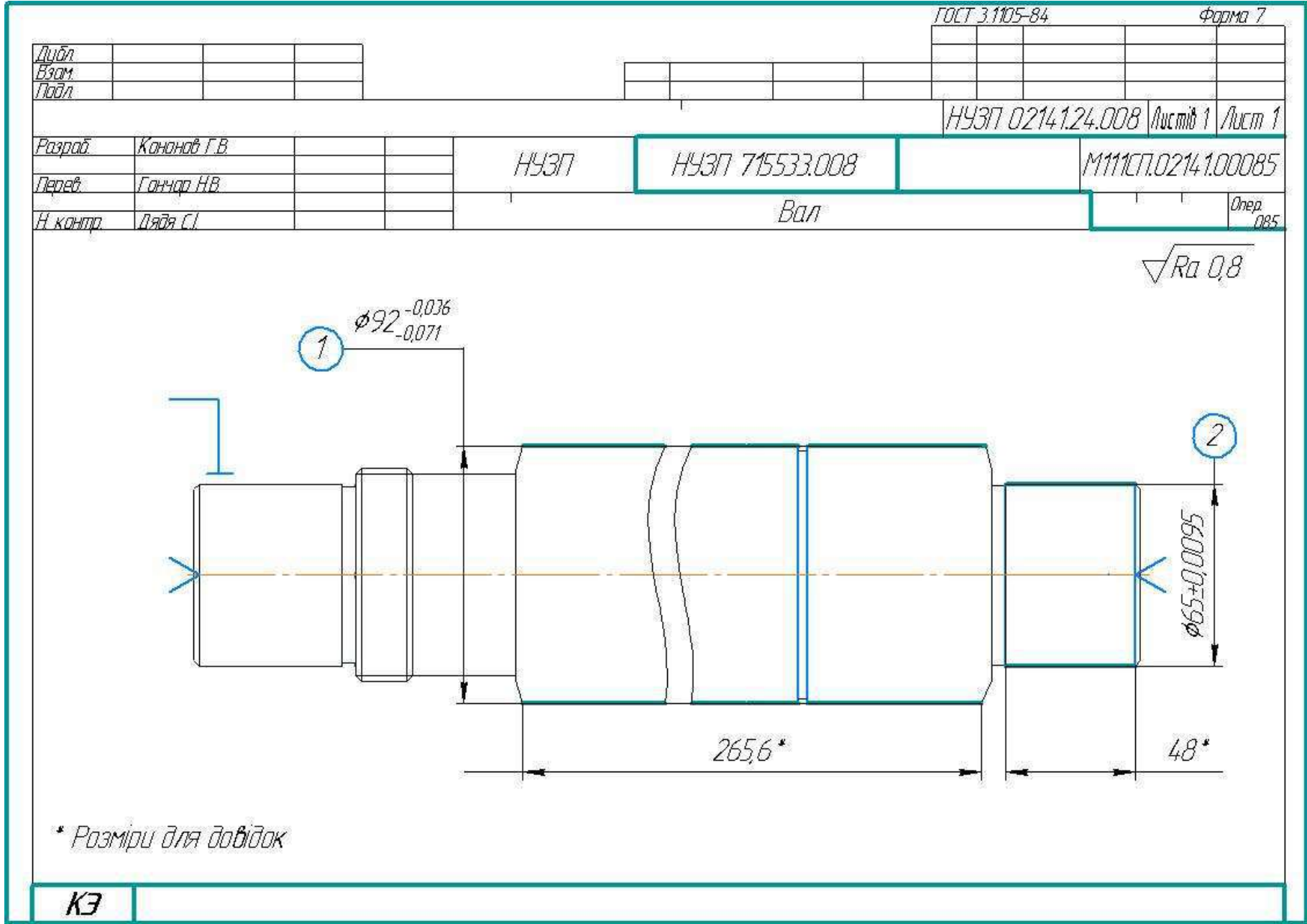
										ГОСТ 3.1118-82 форма 2									
Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
										НУЗП 02 М 1.24.008 Листов 3 Лист 3									
										НУЗП НУЗП 715533.008 М 111СП 10141.00001									
А.	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код наименования операции					Обозначение документа									
Б	Код наименования оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КО	ВД	ЕН	ОП	Кшт.	Тгр.	Тшт.			
01				105	0125 Мийна					ЮП №0007									
02	514230				Мийна машина ММЗ					3	11629	6	2	1	48	шт	72	1	
03																			
04				110	0200 Контрольна					ЮП №0008									
05	XXXXXX				Контрольный стіл					4	13068	5	1	1	48	шт	72	1	
06																			
07																			
08																			
09																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
МК Маршрутная карта																			



ГОСТ 3.1404-86 форма 3									
Дубл.									
Взам.									
Подл.									
						НУЗП 02141.24.008	Л-ов 1	Л-к 1	
Разработ.	Моконков Г.В.					НУЗП	НУЗП 715533.008		М1111СП 02 М 1.00045
Перес.	Гончар Н.В.								
Никонтр.	Дробл С.Г.					Вол			
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ
Шлифдфрезерная		Сталь 45		179...219НВ	кг	17,45	Ø92×445		24,4
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Ть	Тн	Тип	СОЖ	
Шлифдфрезерный верстак 53504				4,78	3,18	40	5,27	Техническое масло Лукойл ИЖО ДБ	
Р		ПИ	Диаметр	L	t	I	S	h	V
001	1. Встать на место, та зафиксировать деталь.								test=0,2хв
Т02	ИР Центр 7032-0029 Морзе 4 ГОСТ 132 М-79; Колонт.м. 7107-0072 ГОСТ 16488-70.								
03									
0 04	2. Нарезать шпиль, выставляя размеры 1; 2.								
Т05	ВМ Отработка								
06	РИ Фрезерная РДМБ ГОСТ 113958								
07	СИ Шлифовальный шлифовальный станок								
Р 08		-	92	270	8	1	50	80	4
09									
0 10	3. Зафиксировать деталь.								t=0,1хв
11									
12									
13									
OK	Операционная карта								



ГОСТ 3.1404-86 форма 3										
Дубл.										
Взам.										
Годл.										
						НУЗП 02141.24.008	Л-се 1	Лит 1		
Разраб.	Никонов Г.В.					НУЗП	НУЗП 715533.008		М111СП 02 М1.00030	
Перев.	Гончар Н.В.									
И контр.	Дубл С.А.					Вал				
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЭ	КОД
Токарная с ЧПУ		Сталь 45		179...219НВ	кг	0,286	Ø92×438		0,87	0,33
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тгр.	Тшт.	СОЖ		
Токарная с ЧПУ SB520		-		3,8	3	21	7,83	5%бензин + "Уфрекон - 1" ГУ-38-101196-76		
Р		ПИ	О	Л	В	L	t	i	S	V
О 01	1. Вст. основные заготовки детали.									t=0,2ч.
Т 02	ПР Патрон 7102-0028 ГОСТ 24351-80; Центр 7032-0029 Морзе 4 ГОСТ 13214-79									
03										
О 04	2. Точить поверхность, вытравливать размеры 1-4.									
Т 05	ВН Блок инструментальный									
06	РН Різець 2101-0011 Т15К6 ГОСТ 18879-73									
07	СИ ШЦ-1-125-01 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018									
Р 08		1	81,5	115	23	2	0,5	400	300	
09										
О 10	3. Эжти деталь									
11										
12										
13										
OK		Операционная карта								



										ГОСТ 3.1404-85 форма 3				
Дир.														
Взам.														
Подп.														
										НУЗП 02141.24.008		Лист	Лист 1	
Автор	Колосов Г.В.					НУЗП		НУЗП 715533.008					М111СП.02141.00085	
Перев.	Гаврилов Р.В.													
Начальн.	Дубин С.А.							Вал						
Наименование операции				Материал		Твердость		ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	ЮВД
Круглошлифовальная				Сталь 45		179...219НВ		н2	17,45	Ø92 × 445			24,4	1
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы		То	Тв	Тш	Тшт	Сож				
Круглошлифовальный верстат 3Н30В				-		5,69	2,3	27	25,30	5% шероховатость "Угрюмол-1" ГУ-38-101196-16				
Р				ПИ	Д	л	В	L	t	l	S	h	V	
001	1. Встановити та закріпити деталь.												тест = 0,2хв	
Т02	ЛР Центр 1032-0029 Морзе 4 ГОСТ 13214-79; Халкутин 7107-0012 ГОСТ 16488-70.													
03														
004	2. Шліфувати поверхні, вимірюючи розміри 1; 2													
Т05	ВМ Отрава.													
06	РН 1 600 × 65 «305 15А 40-НСТ0,8 К8А30 мк А 1 м. ГОСТ 2424-83													
06	СМ Капёр-снова.													
Р 07				-	92	270	0,2	1	0,002	1272/400	40/25			
08														
009	3. Зняти деталь.													
Т10														
11														
12														
13														
OK		Операционная карта												