

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний факультет

(повне найменування інституту, факультету)

Технологія машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему : Удосконалення технологічного процесу виготовлення
складнопрофільного валу

Виконав: ст. гр. Мз-110сп

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма (спеціалізація)

«Технології машинобудування»

Калюжний О.Г.

Керівник : Кононов В.В.

Рецензент: Матюхін А.Ю.

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

Інститут, факультет Машинобудівний

Кафедра Технологія машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 131 Прикладна механіка

Освітня програма (спеціалізація) Технологія машинобудування

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри С.І.Дядя

“ ” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Калюжного Олександра Григоровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) : Удосконалення технологічного процесу виготовлення складнопрофільного валу

керівник проекту (роботи) Кононов В.В.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 03.04.2023р. № 83

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 08.06.2023

3. Вихідні дані до проекту (роботи) робоче креслення деталі річна програма випуску N= 25000дет

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3Проектування дільниці; 4 Розрахунок деталі на міцність; 5 Економічна частина; 6 Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Креслення деталі, заготовки, графічне зображення 3Dмоделі заготовки, маршрут виготовлення деталі, креслення робочого пристосування,

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-3,6	Кононов В.В.		
4	доцент Пухальська Г.В.		
нормоконтроль	доцент Дядя С.І.		

7. Дата видачі завдання 02 березня 2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	22.05.2023	
2	Конструкторська частина	24.05.2023	
4	Розрахунок деталі на міцність	26.05.2023	
5	Планування ділянки	27.05.2023	
6	Економічна частина	30.05.2023	
7	Охорона праці	02.06.2023	
8	Оформлення пояснювальної записки	04.06.2023	
9	Нормоконтроль і рецензія	06.06.2023	
10	Захист бакалаврської роботи	09.06.2023	

Студент

Олександр Калужний
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

Віталій КОНОНОВ
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 127 с., 11 табл., 17 рис., 2 дод., 9 джерел.

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

Об'єкт дослідження – вал авіадвигуна AI-450.

Мета роботи – вдосконалення технологічного процесу виготовлення складнопрофільного валу.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В дипломному проекті за рахунок застосування багатоцільових верстатів з ЧПК та використання сучасного продуктивного обладнання та оснастки вдосконалено технологічний процес виготовлення складно профільного валу, розраховано режими різання, норми часу, розроблено операцію з ЧПК в прогресивній програмі NX, спроектоване робоче та запропоноване контрольне пристосування, досліджено міцносні характеристики деталі, виконано розрахунок дільниці та обладнання, передбачено заходи з охорони праці.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ	7
ВСТУП	8
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	9
1.2 Визначення типу виробництва і форми організації робіт	12
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки	13
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі	18
1.4.1 Вибір технологічних баз	18
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	19
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	28
1.5 Розрахунок операційних припусків і технологічних розмірів	32
1.6 Розрахунок режимів різання	45
1.7 Технічне нормування операцій	65
1.8 Розробка операції на високопродуктивних верстатах з ЧПК, з використанням NX CAM	71
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	79
2.1 Проектування верстатного пристосування	79
2.1.1 Опис і конструкції верстатного пристрою	79
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність	81
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу	85
2.2 Проектування контрольного пристосування	91
2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування	91
2.3 Розрахунок на міцність деталі, її конструктивного елемента	93

3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ	96
4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	106
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	109
ВИСНОВОК.....	111
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	112
ДОДАТОК А СПЕЦИФІКАЦІЯ РОБОЧОГО ПРИСТОСУВАННЯ	113
ДОДАТОК Б ТЕХНОЛОГІЧНІ КАРТИ	115

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

ГКМ – горизонтально кувальна машина

КГШП – кривошипний гарячештампвальний прес

КВМ – коефіцієнт використання матеріалу

МОП – маршрут обробки поверхні

МВД – маршрут виготовлення деталі

ЧПК – числове програмне курування

РТК – розрахунково-технологічна карта

ВСТУП

Дипломний проект – підсумовуюча самостійна робота, яка здійснюється на підставі отриманого завдання на матеріалах виробничої бази заводу.

Головне завдання дипломного проекту – удосконалення технологічного процесу виготовлення складнопрофільного валу.

Проектування базується на використанні існуючого металообробного обладнання, перевірених практикою методик забезпечення якості виготовлення деталей.

Розроблені технологічні процеси оформляються у вигляді технологічної документації, до складу якої входять: маршрутна карта, операційна карта, карта ескізів, карта контролю.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

У механічних передачах, різних вузлах машин містяться вали, призначені для підтримки обертових елементів машин. Вали являють собою ланки механізму, що передають крутні моменти.

Деталь "Вал складнопрофільний" – 3D-модель представлена на рис. 1.1. Вал є значною частиною механізму. Вал приводиться у дію за допомогою відповідної передачі.

Цей вал ступінчастий та має довжину 445 мм. Максимальний діаметр 75 мм.

Службове призначення деталі:

Вал є несучою деталлю і призначений для передачі крутних моментів.

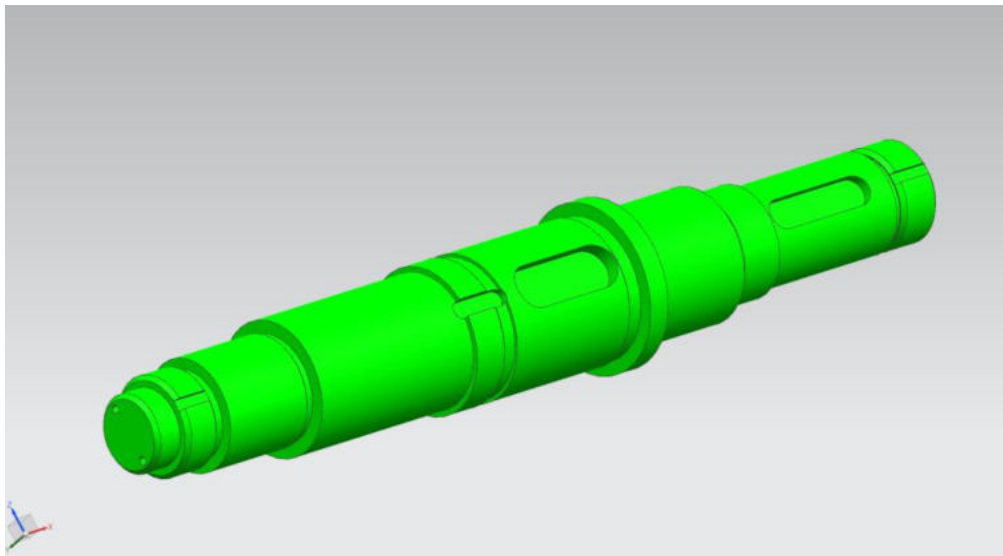


Рисунок 1.1 – Вал складнопрофільний – 3D - модель

Технічні вимоги:

- Невказані радіуси заокруглення $R = 1$ мм.
- HRC 43...51.
- H14, h14, IT14/2.

Матеріал сталь марки 30ХГСА – це легований конструкційний метал. Початкове застосування було з авіаційної промисловості.

Подібними металами є: 40ХФА, 35ХМ, 40ХН, стали 25ХГСА і 35ХГСА.

Хімічний склад сталі надано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 30ХГСА

вуглець	кремній	марганець	нікель	хром	сірка	фосфор	мідь
0,28- 0,34%	0,9- 1,2%	0,8-1,1%	до 0,03%	0,8- 1,1%	до 0,025%	до 0,025%	не більше 0,3%

Об'ємні частини фосфору та сірки суворо контролюються. У готовому сплаві їх має бути більше зазначеної норми. В іншому випадку сталь 30ХГСА втрачає основні характеристики, що є неприпустимим для деяких областей застосування.

Призначення основних легуючих добавок:

Хром – надає сталі стійкість до утворення корозійного нальоту.

Кремній модифікує кристалічну структуру металу, підвищуючи величину ударної в'язкості.

Марганець – збільшує механічний опір ударним, динамічним навантаженням. Підвищує загальну міцність металу. Завдяки марганцю 30ХГСА більш зносостійка, ніж аналоги.

Легована сталь має високу пластичність. Стійка до дії змінних зусиль. Механічні характеристики зберігаються до позначки 400 градусів за Цельсієм.

Сфера застосування

Сталь марки 30ХГСА використовується для:

- будівельних деталей, елементів кріплення, конструкцій із змінним навантаженням;

- авіаційних запчастин, валів;

- деталей машинобудування, що працюють під змінним зусиллям

Легуюча сталь відрізняється гарною податливістю до зварювання. Але для міцного з'єднання матеріал вимагає спеціальної підготовки. Заготівля розігрівається до 300 градусів. Після зварювання деталь плавно охолоджується. Різкий перепад температури здатний викликати тріщини шва.

Метою термічної обробки є зміна властивостей сплаву, шляхом зміни його структури в результаті теплового впливу.

До отримання штампованої заготівлі напівфабрикат проходить загартування в олії та відпустку.

Загартування - термічна обробка, в результаті якої у сплаві утворюється нерівноважна структура. Відпустка призначена для зниження внутрішньої напруги, для збереження високої твердості та зносостійкості при підвищенні опору крихкому руйнуванню.

У процесі механічної обробки деталь проходить цементацію та відпал, загартування та відпустку.

Цементація - дифузійний процес, у якому поверхневий шар м'якої сталі насичується вуглецем. Після загартування цементованої сталі чітко розрізняються твердості поверхні та серцевини.

1.2 Визначення типу виробництва і форми організації робіт

Залежно від розміру виробничої програми, характеру продукції, а також технічних та економічних умов здійснення виробничого процесу всі різноманітні виробництва умовно поділяються на три основні види: одиничне, серійне та масове. У кожного з цих видів виробничий та технологічний процеси мають свої характерні особливості, і кожному з них властива певна форма організації роботи.

На даному етапі проектування складно правильно визначити вид виробництва і тому проведемо попереднє визначення типу виробництва за виробничою програмою та масою деталі.

Попередньо тип виробництва вибираємо за таблицею 1.2, знаючи масу деталі та річну програму випуску.

Таблиця 1.2 - Вибір типу виробництва

Тип виробництва	Кількість оброблених деталей на рік		
	важкі, $m > 100$ кг	середні, $m = 10..100$ кг	легені, $m < 10$ кг
одиничне	до 5	до 10	до 100
дрібносерійне	5...10	10...200	100...500
серійне	100...300	200...500	500...5000
великосерійне	300...1000	500...5000	5000...50000
масове	понад 1000	понад 5000	понад 50000

Враховуючи масу деталі $m = 8,5$ кг та річну програму випуску $N = 25000$ штук, тип виробництва – великосерійний.

Форма організації технологічних процесів згідно з ГОСТ 14312-74 залежить від встановленого порядку виконання операцій ТП, розташування технологічного устаткування кількості виробів.

Для обробки цієї деталі вибираємо потокову форму організації ТП.

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки

Розглянемо два методи отримання заготовки:

- методом прокату (рис. 1.2);
- методом штампування на КГШП нормальної точності (рис. 1.3).

Визначення собівартості однієї заготовки, одержаної методом прокату

Діаметр прокату визначаємо за рівнем валу з найбільшим діаметром – Ø75 мм.

Виходячи з нормального ряду діаметрів прокату, приймаємо припуск $2Z_0 = 5$ мм.

Маса заготовки:

$$m_{31} = 17,7 \text{ кг}$$

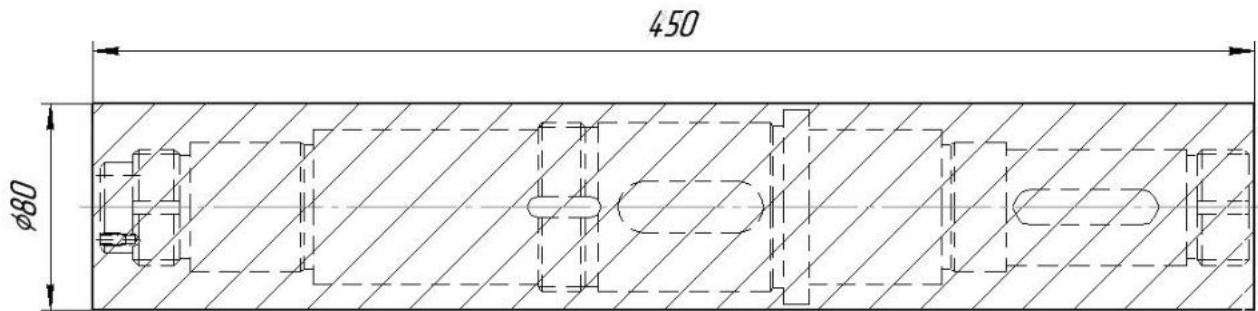


Рис 1.2 – Ескіз заготовки, отриманої методом прокату

3D-модель заготовки з прокату наведено на рис. 1.3.

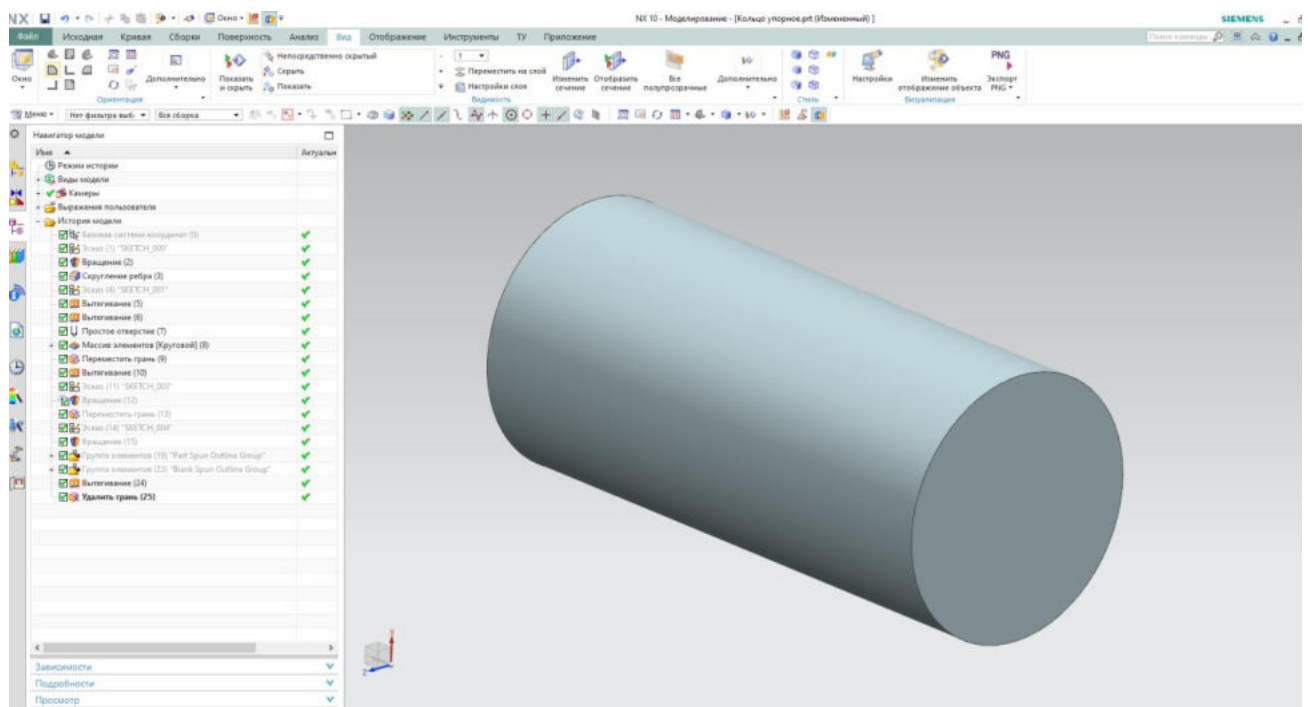


Рисунок 1.3 – 3D-модель заготовки з прокату

Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) заготовки отримаємо за формулою [9]:

$$\text{КВМ} = \frac{m_d}{m_{з1}} \quad (1.1)$$

$$\text{КВМ} = \frac{8,5}{17,7} = 0,48$$

Вартість однієї заготовки, одержаної методом прокату визначається за формулою [9]:

$$C_{з1} = \frac{m_{з1} \cdot C_i}{1000} - (m_{з1} - m_d) \cdot \frac{S_{отх}}{1000} \quad (1.2)$$

де C_i – ціна 1 тонни матеріалу заготівлі -1880 грн ;

$S_{отх}$ - ціна 1 тонни стружки- 140 грн;

$$C_{з1} = \frac{17,7 \cdot 1880}{1000} - (17,7 - 8,5) \cdot \frac{140}{1000} = 31,99 \text{ грн}$$

Визначення собівартості однієї заготовки, отриманої методом штампування

При використанні закритого штампування на КГШП з класом точності Т2 визначаємо параметри заготовки та розраховуємо припуски [9] :

Група сталі – М2

Ступінь складності заготовки – С1

Маса заготовки:

$$m_{з2} = 9,48 \text{ кг}$$

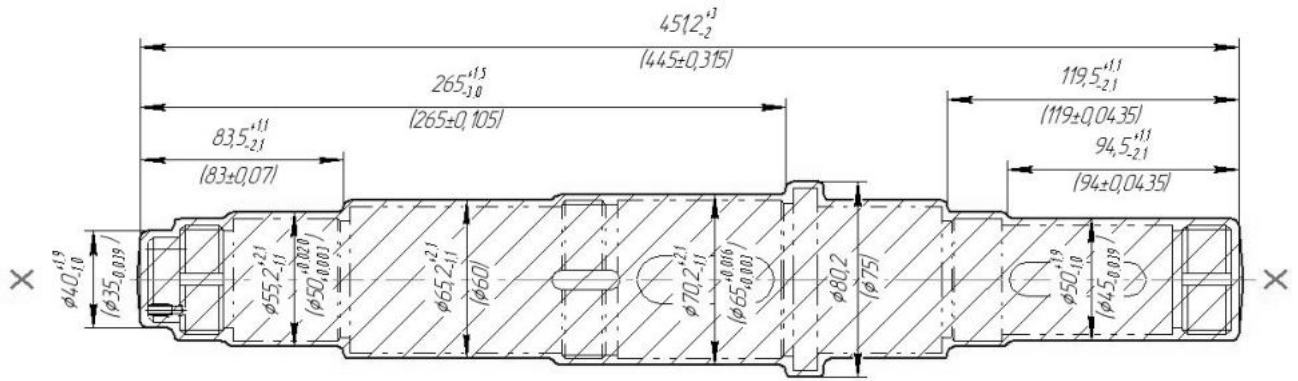


Рис 1.4 – Ескіз заготовки, отриманої методом штампування

Ескіз 3D-моделі заготовки методом КГШП представлено на рис. 1.5.

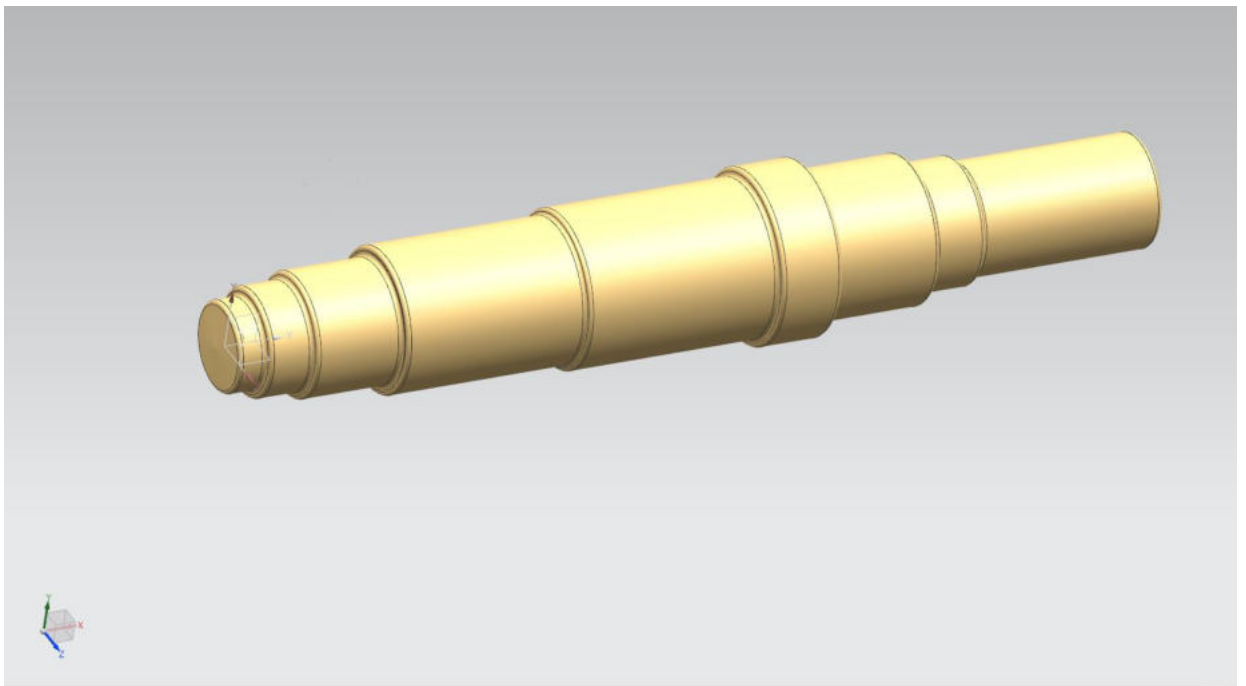


Рисунок 1.5 - Ескіз 3D-моделі заготовки методом КГШП

Коефіцієнт використання матеріалу за формулою (1.1):

$$КВМ = \frac{8,5}{9,48} = 0,89$$

Вартість однієї заготовки за формулою [9]:

$$C_{32} = \frac{C_i}{1000} \cdot m_{32} \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} - (m_{32} - m_d) \cdot \frac{S_{отх}}{1000} \quad (1.3)$$

де C_i – базова вартість однієї тонни заготовок, грн.;

K_T – Коефіцієнт, що залежить від класу точності;

K_C – Коефіцієнт, що залежить від групи складності;

K_B – Коефіцієнт, що залежить від маси;

K_M – Коефіцієнт, що залежить від матеріалу;

K_{II} – Коефіцієнт, що залежить від обсягу виробництва заготовок.

$$C_{32} = \frac{3500}{1000} \cdot 9,48 \cdot 1 \cdot 0,77 \cdot 0,89 \cdot 1,22 \cdot 1 - (9,48 - 8,5) \cdot \frac{140}{1000} = 27,6 \text{ грн}$$

Аналізуючи отримані дані, бачимо, що вартість заготовки, отриманої методом прокату, більша за вартість заготовки, отриманої методом штампування, при цьому КВМ штампування більше, ніж КВМ прокату.

$$\left. \begin{array}{l} C_{31} > C_{32} \\ K_{BM1} < K_{BM2} \end{array} \right\} \text{Отже, вибираємо метод отримання заготовки -}$$

штампування на КГШП нормальної точності.

Річний економічний ефект від застосування прийнятого варіанта одержання заготовки становитиме за формулою [9]:

$$\mathcal{E}_r = (C_{31} - C_{32}) \cdot N \quad (1.4)$$

$$\mathcal{E}_r = (31,99 - 27,6) \cdot 25000 = 109750 \text{ грн}$$

Усі розрахунки зведено до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Результати розрахунку собівартості заготовок

Показники	Позн.	Од. вим.	Варіанти	
			Прокат	Штапування
Маса деталі	m_d	кг	8,5	
Маса заготівлі	m_z	кг	17,7	9,48
Коеф. використ. матеріалу	КИМ		0,48	0,89
Базова ціна заготівлі	C_i	грн	1880	3500
коефіцієнти	K_T		-	1,0
	K_M			1,22
	K_C			0,77
	K_B			0,89
	K_P			1,0
Ціна за тону стружки	$S_{отх}$	грн	140	
Вартість однієї заготовки	C_3	грн	31,99	27,6

1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

1.4.1 Вибір технологічних баз

Технологічна база визначає положення деталі на верстаті щодо траєкторії руху ріжучого інструменту і знаходиться в безпосередньому контакті з елементами пристосування.

При виборі технологічних баз необхідно дотримуватись принципу сталості баз, що підвищує точність обробки та сприяє використанню однотипних пристроїв та схем установки.

В опер.015, 020 готуємо бази, зрізуючи дефектний поверхневий шар заготовки після штапування та термообробки, зовнішні діаметри та торці, для чорнової та напівчистої обробки деталі (опер.025) у 3-х кулачковому патроні.

В опер. 095 деталь встановлюється у спеціальне фрезерне пристосування з упором у проточений торець, центрується за зовнішнім діаметром.

При виконанні шліфувальних операцій використовуються спеціальні оправлення, в яких деталь центрується з упором у торець. Аналогічні схеми базування застосовуються в токарних пристосуваннях. З кожною операцією шорсткість поверхонь стає меншою, що супроводжується підвищенням точності баз.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Встановлюємо характеристики поверхонь у заготовки та деталі та результати заносимо в табл. 1.4.

Ескіз з нумерацією поверхонь наведено на рис.1.6.

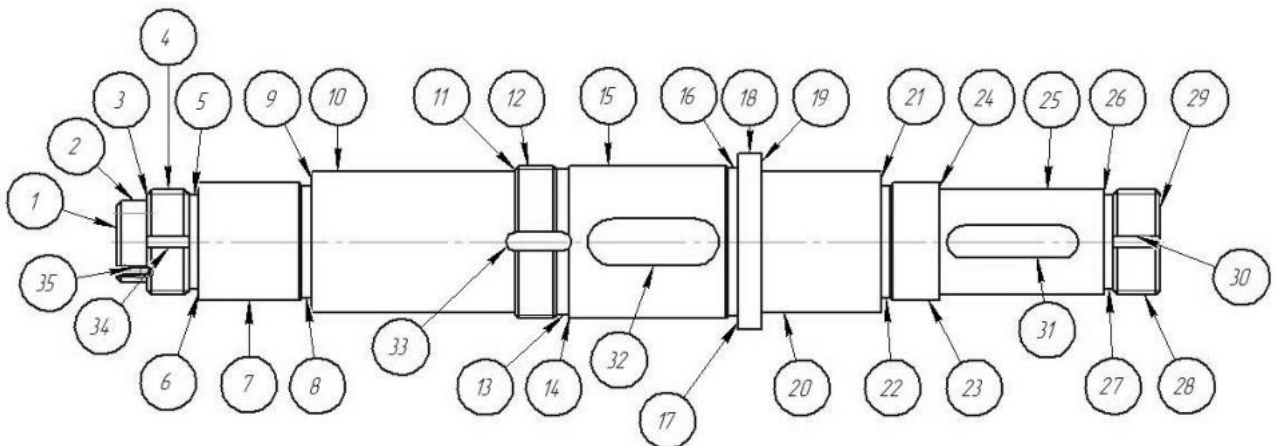


Рис 1.6 – Ескіз деталі із нумерацією основних поверхонь

Таблиця 1.4 - Показники точності та якості основних поверхонь

№ поверхні та основні габ. розміри	Характеристика поверхні		Показники							
			Квалітети точності розміру		Допуск точність і форма розташування		Шорсткість		Твердість	
			з	Д	Биття		з	Д	з	Д
	з	Д								
2, Ø35	Ціл.	Зовнішн.	IT17	h8	0,9	0,03	200	1,6	HB 229- 269	HRC 43... 51
7, Ø50	Ціл.	Зовнішн.		k6	0,9	0,02		0,8		
9, 83	Торці.	Зовнішн.		js10	0,9	0,02		1,6		
10, Ø60	Ціл.	Зовнішн.		h10	-	-		3,2		
13, Ø62	Ціл.	Зовнішн.		h10	-	-		3,2		
15, Ø65	Ціл.	Зовнішн.		k5	-	-		0,8		
17, 265	Торці.	Зовнішн.		js10	0,9	0,02		1,6		
21, 119	Торці.	Зовнішн.		js10	0,9	0,02		1,6		
24, 94	Торці.	Зовнішн.		js10	0,9	0,02		1,6		
25, Ø45	Ціл.	Зовнішн.		h8	-	-		1,6		
26, 24	Торці.	Зовнішн.		js10	0,9	0,02		1,6		
29, 445	Торці.	Зовнішн.		js12	0,9	0,02		3,2		

Поверхня 7- циліндрична зовнішня $\varnothing 50^{+0,020}_{+0,003}$ мм

а) деталь: $Td_d = 0,017$ мм $\Rightarrow k6$

$Ra = 0,8$ мкм; $Rz = 2,5$ мкм $\Rightarrow \nabla - 8$

$\lambda = 0,02$ мм

б) заготовка: $\varnothing 55^{+2,1}_{-1,1}$ мм

$Td_3 = 3,2$ мм $\Rightarrow IT17$

$Rz = 200$ мкм $\Rightarrow \nabla - 1$

$\lambda = 0,9$ мм

Розраховуємо загальні уточнення за показниками точності та якості поверхні за формулами:

$$\varepsilon_{d0} = \frac{Td_{\text{заг}}}{Td_{\text{дет}}}, \quad (1.5)$$

де $Td_{\text{заг}}$ – технологічний допуск на заготовку;

$Td_{\text{дет}}$ – технологічний допуск на деталь.

$$E_d = \frac{3,2}{0,017} = 188$$

$$E_{Rz} = \frac{Rz_3}{Rz_d} \quad (1.6)$$

де $Rz_{\text{заг}}$ – показник шорсткості поверхні на заготовку;

$Rz_{\text{дет}}$ – показник шорсткості поверхні на деталь.

$$E_{Rz} = \frac{200}{2,5} = 80$$

$$E_{\lambda} = \frac{\lambda_3}{\lambda_d} \quad (1.7)$$

де $\lambda_{\text{заг}}$ – показник биття на заготовку;

$\lambda_{\text{дет}}$ – показник биття на деталь.

$$E_{\lambda} = \frac{0,9}{0,02} = 45$$

За переважаючим показником розраховуємо кількість переходів МО за формулою:

$$K_p = 2lgE_d \quad (1.8)$$

$$K_p = 2lg188 = 4,55 \Rightarrow 4 \text{ переходи}$$

Знаходимо різницю квалітетів точності деталі та заготівлі. Складаємо ППТК поверхні:

$$\Delta_{кв} = IT17 - k6 = 11 = 4 + 3 + 2 + 2$$

$$\text{ППТК: } IT17 \Rightarrow h13 \Rightarrow h10 \Rightarrow (HB \Rightarrow HRC) \Rightarrow h8 \Rightarrow k6$$

Складаємо МОП:

- 1) заготовка – штампування
- 2) точіння чорнове
- 3) точіння чистове
- 4) Т/о (цементация, загартування, відпустка)
- 5) шліфування попереднє
- 6) остаточне шліфування

Отримані результати заносимо до таблиці 1.4.

Поверхня 9- торцева $83js10 \pm 0,070$ мм

а) деталь: $Td_d = 0,140$ мм $\Rightarrow js10 Ra = 1,6$ мкм; $Rz = 5$ мкм $\Rightarrow \nabla - 7$
 $\lambda = 0,02$ мм

б) заготівля: $83,5_{-2,1}^{+1,1}$ мм

$$Td_3 = 3,2 \text{ мм} \Rightarrow IT17 Rz = 200 \text{ мкм} \Rightarrow \nabla - 1 \lambda = 0,9 \text{ мм}$$

Розраховуємо загальні уточнення за показниками точності та якості поверхні:

$$E_d = \frac{3,2}{0,140} = 22,86$$

$$E_{Rz} = \frac{200}{5} = 40$$

$$E_{\lambda} = \frac{0,9}{0,02} = 45$$

За переважаючим показником розраховуємо кількість переходів МО за формулою (1.8):

$$K_p = 2lg45 = 3,3 \Rightarrow 3 \text{ переходи}$$

Знаходимо різницю квалітетів точності деталі та заготовлі. Складаємо ПШТК поверхні:

$$\Delta_{кв} = IT17 - js10 = 7 = 3 + 3 + 1$$

$$IT17 \Rightarrow h14 \Rightarrow h11 \Rightarrow (HB \Rightarrow HRC) \Rightarrow js10$$

Складаємо МОП:

- 1) заготовка – штампування
- 2) точіння чорнове
- 3) точіння чистове
- 4) Т/о (цементация, загартування, відпустка)
- 5) шліфування

Отримані результати заносимо до таблиці 1.4.

Поверхня 15- циліндрична зовнішня $\varnothing 65^{+0,016}_{+0,003}$ мм

а) деталь: $Td_d = 0,013 \text{ мм} \Rightarrow k5$

$Ra = 0,8 \text{ мкм}; Rz = 2,5 \text{ мкм} \Rightarrow \nabla - 8$

б) заготовка мм: $\varnothing 70,2_{-1,1}^{+2,1}$

$Td_3 = 3,2 \text{ мм} \Rightarrow IT17$

$Rz = 200 \text{ мкм} \Rightarrow \nabla - 1$

Розраховуємо загальні уточнення за показниками точності та якості поверхні за формулами (1.6),(1.7):

$$E_d = \frac{3,2}{0,013} = 246$$

$$E_{Rz} = \frac{200}{2,5} = 80$$

За переважаючим показником розраховуємо кількість переходів МО за формулою (1.8):

$$K_p = 2lgE_d = 2lg246 = 4,78 \Rightarrow 5 \text{ переходов}$$

Знаходимо різницю квалітетів точності деталі та заготівлі. Складаємо ПШТК поверхні:

$$\Delta_{кв} = IT17 - k5 = 12 = 4 + 3 + 2 + 2 + 1$$

$$IT17 \Rightarrow h13 \Rightarrow h10 \Rightarrow (H8 \Rightarrow HRC) \Rightarrow h8 \Rightarrow h6 \Rightarrow k5$$

Складаємо МОП:

- 1) заготівля – штампування
- 2) точіння чорнове

- 3) точіння чистове
- 4) Т/о (цементация, загартування, відпустка)
- 5) шліфування попереднє
- 6) шліфування чистове
- 7) шліфування тонке

Отримані результати заносимо до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Маршрути обробки основних поверхонь

Х-ка поверхні в ДіЗ	j	E _j	Кількість пров., К		Різниця пок-ків ППТК	МОП		Допуск		Уточнення	
			Кр	До		i	метод обр-ки	р-р	в. нар.	р-р	в. нар.
2, Ø35h8-0,039 Ra1,6;↗ 0,03 3:Ø40 ^{+1,9} _{-1,0} Rz200; ↗ 0,9	d Δ R z	74 30 40	3,7 4	3	Δ _{кв} = 9 = 4 + 3 + 2 IT17 ⇒ h13 ⇒ h10 ⇒ (HB ⇒ HRC) ⇒ h8	1 2 3 4 5	З-ка – шт-ня Точ-я чорн. Точ-я чистий. Т/о Шліф-е	2,9 0,39 0,1 - 0,03 9	- - -	- 7,44 3,9 - 2,56	- - -
7, Ø50 k6 ^{+0,020} _{+0,003} Ra0,8;↗ 0,02 3:Ø55 ^{+2,1} _{-1,1} Rz200; ↗ 0,9	d Δ R z	18 8 45 80	4,5 5	4	Δ _{кв} = 11 = 4 + 3 + 2 + 2 IT17 ⇒ h13 ⇒ h10 ⇒ (HB ⇒ HRC) ⇒ h8 ⇒ k6	1 2 3 4 5 6	З-ка – шт-ня Точ-я чорн. Точ-я чистий. Т/о Шліф-я передві. Шліф вікон.	3,2 0,46 0,12 - 0,04 6 0,01 7	- - -	- 6,96 3,83 - 2,71 2,61	- - -
9, 83js10 ± 0,07 Ra1,6;↗ 0,02 3:83,5 ^{+1,1} _{-2,1} Rz200; ↗ 0,9	d Δ R z	23 45 40	3,3	3	Δ _{кв} = 7 = 3 + 3 + 1 IT17 ⇒ h14 ⇒ h11 ⇒ (HB ⇒ HRC) ⇒ js10	1 2 3 4 5	З-ка – шт-ня Точ-я чорн. Точ-я чистий. Т/о Шліф-е	0,9 0,3 - - 0,02	- - -	- 3 1,5 - 10	- - -
10, Ø60x10-0,12 Ra3,2; 3:Ø 65,2 ^{+2,1} _{-1,1} Rz200	d R z	43 20	3,3	2	Δ _{кв} = 8 = 4 + 3 + 1 IT17 ⇒ h13 ⇒ h10 ⇒ (HB ⇒ HRC)	1 2 3 4	З-ка – шт-ня Точ-я чорн. Точ-я чистий. Т/о	3,2 0,46 0,12 -	- -	- 6,96 3,83 -	- -
13, Ø62x10-0,12 Ra3,2; 3:Ø 70,2 ^{+2,1} _{-1,1} Rz200	d R z	43 20	3,3	2	Δ _{кв} = 8 = 4 + 3 + 1 IT17 ⇒ h13 ⇒ h10 ⇒ (HB ⇒ HRC)	1 2 3 4	З-ка – шт-ня Точ-я чорн. Точ-я чистий. Т/о	3,2 0,46 0,12 -	- -	- 6,96 3,83 -	- -

Продовження табл. 1.4

Х-ка пов-ти в Д і З	j	E _j	Кількість пров., К		Різниця пок-лей ППТК	МОП		Допуск		Уточнення	
			Кр	До		i	метод обр-ки	р-р	в. нар.	р-р	в. нар.
15 , ∅65k5 ^{+0,016} _{+0,003} Ra0,8; 3:∅ 70,2 ^{+2,1} _{-1,1} Rz200	d R z	246 80	4,78	5	$\Delta_{\text{КВ}} = 12$ $= 4 + 3 + 2 + 2 + 1$ IT17 \Rightarrow h13 \Rightarrow h10 \Rightarrow (HB \Rightarrow HRC) \Rightarrow h8 \Rightarrow h6 \Rightarrow k5	1 2 3 4 5 6 7	З-ка – шт-ня Точ-я чорн. Точ-я чистий. Т/о Шліф-е передві. Шліф-е чистий. Шліф-е тонк.	3,2 0,46 0,12 - 0,046 0,019 0,013	- - - - - -	- 6,96 3,83 - 2,61 2,42 1,46	- - -
17 ,265js10 $\pm 0,105$ Ra1,6; ∇ 0,02 3:265 ^{+1,5} _{-3,0} Rz200; ∇ 0,9	d Δ R z	21 45 40	3,3	3	$\Delta_{\text{КВ}} = 7$ $= 3 + 3 + 1$ IT17 \Rightarrow h14 \Rightarrow h11 \Rightarrow (HB \Rightarrow HRC) \Rightarrow js10	1 2 3 4 5	З-ка – шт-ня Точ-я чорн. Точ-я чистий. Т/о Шліф-е	0,9 0,3 - - 0,02	- - - -	- 3 2,5 - 6	- - -
21 ,119js10 $\pm 0,07$ Ra1,6; ∇ 0,02 3:119,5 ^{+1,1} _{-2,1} Rz200; ∇ 0,9	d Δ R z	23 45 40	3,3	3	$\Delta_{\text{КВ}} = 7$ $= 3 + 3 + 1$ IT17 \Rightarrow h14 \Rightarrow h11 \Rightarrow (HB \Rightarrow HRC) \Rightarrow js10	1 2 3 4 5	З-ка – шт-ня Точ-я чорн. Точ-я чистий. Т/о Шліф-е	0,9 0,24 - - 0,02	- - -	- 3,68 2,49 - 2,5	- - -
24 ,94js10 \pm 0,07 Ra1,6; ∇ 0,02 3:99,5 ^{+1,1} _{-2,1} Rz200; ∇ 0,9	d Δ R z	23 45 40	3,3	3	$\Delta_{\text{КВ}} = 7$ $= 3 + 3 + 1$ IT17 \Rightarrow h14 \Rightarrow h11 \Rightarrow (HB \Rightarrow HRC) \Rightarrow js10	1 2 3 4 5	З-ка – шт-ка Точ-е чорн. Точ-е чистий. Т/о Шліф-е	0,9 0,24 - - 0,02	- - -	- 3,68 2,49 - 2,5	- - -
25 , ∅45h8- 0,039 Ra1,6; 3:∅50 ^{+1,9} _{-1,0} Rz200;	d R z	74 40	3,74	3	$\Delta_{\text{КВ}} = 9$ $= 4 + 3 + 2$ IT17 \Rightarrow h13 \Rightarrow h10 \Rightarrow (HB \Rightarrow HRC) \Rightarrow h8	1 2 3 4 5	З-ка – шт-ка Точ-е чорн. Точ-е чистий. Т/о Шліф-е	2,9 0,39 0,1 - 0,039	- - -	- 7,44 3,9 - 2,56	- -

Продовження табл. 1.4

Х-ка пов-ти в Д і З	j	E _j	Кількість пров., К		Різниця пок-лей ППТК	МОП		Допуск		Уточнення	
			Кр	До		i	метод обр-ки	р-р	в. нар.	р-р	в. нар.
26, 24js10 ± 0,042 Ra1,6;↗ 0,02 3:29 ^{+1,0} _{-1,9} Rz200; ↗ 0,9	d Δ R z	35 45 40	3,3	3	Δ _{кв} = 7 = 3 + 3 + 1 IT17 ⇒ h14 ⇒ h11 ⇒ (HB ⇒ HRC) ⇒ js10	1 2 3 4 5	З-ка – шт-ня Точ-я чорн. Точ-я чистий. Т/о Шліф-е	-	0,9 0,3 0,2 - 0,02	- - -	- 3 1,5 - 10
29, 445js12 ± 0,315 Ra3,2;↗ 0,02 3: 451,2 ^{+3,0} _{-2,0} Rz200; ↗ 0,9	d Δ R z	7,9 45 63	3,6	1	Δ _{кв} = 5 = 5 IT17 ⇒ js12	1 2 3	З-ка – шт-ня Фрезерування Т/о	-	200 12,5 -	- -	- 16 -

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Складаємо загальну етапну схему виготовлення деталі - етапний маршрут виготовлення деталі:

I. Отримання заготовки – штампування на пресах нормальної точності.

II. Підготовка технологічних баз. Токарна обробка з обох боків. Попереднє шліфування шийок та торців (з метою точного встановлення заготовки для фрезерування шпонкових пазів). Свердління отворів на лівому торці валу. Фрезерування шпонкових пазів. Різьбофрезерування.

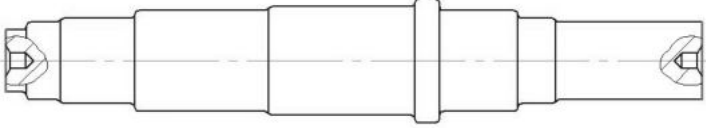
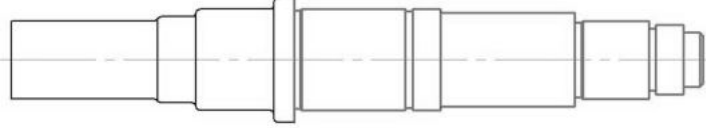
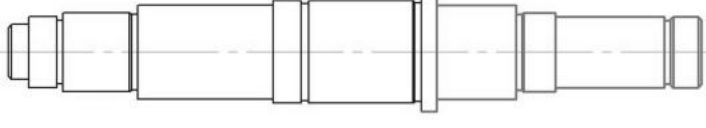
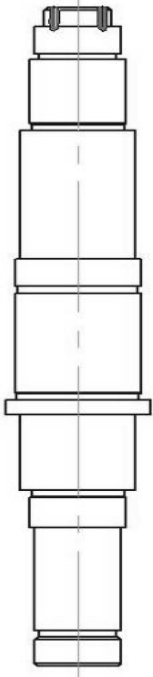
- III. Термообробка – нормалізація.
- IV. Шліфування шийок валу.
- V. Миття, контроль.

Компонування операцій, вибір обладнання:

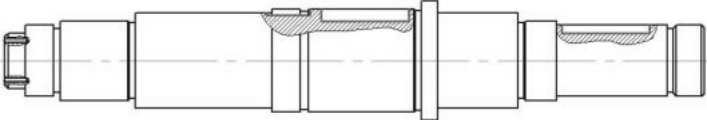
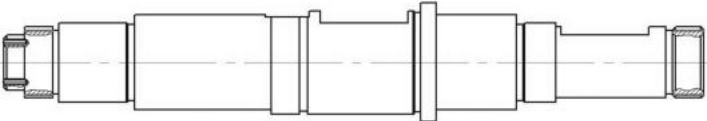
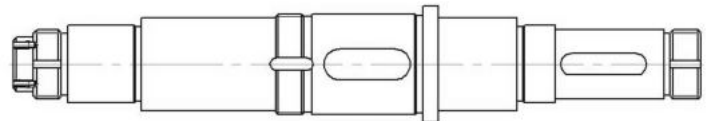
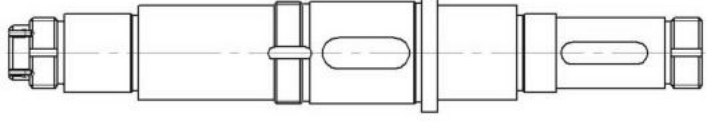
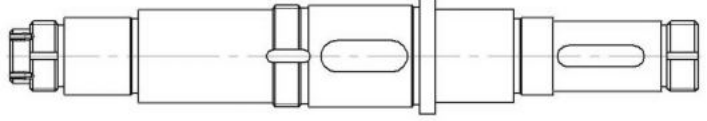
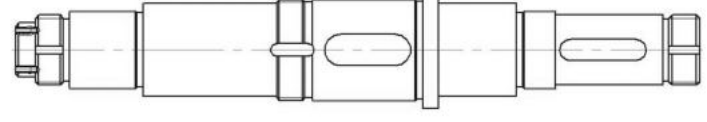
1. Чорнову та чистову обробку шийок валу проводимо за одну операцію (за 2 установки) на токарному гідрокопіювальному н/а мод. 1712.
2. Фрезерування пазів (поверхні 31, 32, 33) проводимо за одну операцію зі зміною фрези на вертикально-фрезерному верстаті мод. 6550, оскільки витрати часу на заміну інструменту менші за витрати часу на заміну пристосування або верстата.
3. Фрезерування пазів (поверхні 30, 34) проводимо за одну операцію на вертикально -фрезерному верстаті мод. 6550, використовуючи пристрій, що забезпечує поворот деталі на 180° .
4. Різьбофрезерування (поверхні 4, 28) проводимо за одну операцію на різьбофрезерному верстаті мод. 5Б63, т. К. Отримані різьби мають однаковий крок. Різьблення (поверхня 12) фрезерується в окремій операції.
5. Шліфування чорнове (поверхні 2, 7,15, 23, 25) проводимо за одну операцію (за 2 установки) на круглошліфувальному н/а мод. 3161. Шліфування чистове (поверхні 7, 15, 23) проводимо за одну операцію (за 2 установки) на круглошліфувальному н/а мод. 3161.

Маршрут виготовлення деталі (МВД) наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Маршрут виготовлення деталі (МВД)

№ операції	Найменування та короткий зміст операції	Тип та модель верстата	Схема установки номер установка
005	Заготівельна - штампування		
010	Фрезерно-центрувальна: фрезерувати пов. 1, 29 свердлими цетров. отвори У11	Фрез.-центр. н/а МР-71М	 У11
015	Токарна точити начорно і начисто пов. 2-17 У21	Струм. гідрокоп. н/а 1712	 У21
020	Токарна точити начорно і начисто пов. 18-28 У32	Струм. гідрокоп. н/а 1712	 У32
025	Свердлильна свердлими отвори пов. 35 (два місця) У41	Верт.-свердл. 2Н118	 У41

Продовження таблиці. 1.5

№ операції	Найменування та короткий зміст операції	Тип та модель верстата	Схема установки
030	Фрезерна фрезерувати шпон. пази пов. 31, 32, 33 У51	Вертикально-фрезерний 6Р11	 У51
035	Фрезерна фрезерувати шпон. пази пов. 30, 34 У61	Вертикально-фрезерний 6Р11	 У61
040	Різьбофрезерна фрезерувати пов. 4, 28 У71,72	Різьбофрез. 5Б63	 У71,72
045	Різьбофрезерна фрезерувати пов. 12 У81	Різьбофрез. 5Б63	 У81
050	Слюсарна	Сл верст	
055	Мийна	ММ	
060	Контроль	КС	
065	Т/о – нормалізація		
070	Шліфувальна шліф-ть начорно пов. 2, 7, 15, потім 23, 25 У91, У92	Торцекр углошліф. н/а 3Б153Т	 У91, У92
075	Шліфувальна шліф-ть начисто пов. 7, 15, потім 23 У101, У102	Торцекр углошліф. н/а 3Б153Т	 У101, У102
080	Мийна	ММ	
085	Контроль	КС	

1.5 Розрахунок операційних припусків і технологічних розмірів

Поверхня 7 – циліндрична зовнішня $\varnothing 50_{+0,003}^{+0,020}$ мм

Припуски на МО призначаємо розрахунково-аналітичним методом.

Для заготівлі нормативні значення приймаємо за .

Виходячи з маси заготовки [2, с. 186, табл. .12]

$$m = 9,48 \text{ кг } R_{z1} = 200 \text{ мкм}, h_1 = 250 \text{ мкм.}$$

Проставляємо відхилення поверхні заготівлі $l = 48$ мм за формулою:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2} \quad (1.8)$$

$$\rho_1 = \sqrt{0,9^2 + 0,144^2} = 0,91 \text{ мм}$$

де - $\rho_{\text{см}} = 0,9$ мм [2, с. 187, табл. 18]

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} \cdot l \quad (1.9)$$

$$\rho_1 = 3 \cdot 48 = 144 \text{ мкм}$$

де $\Delta_{\text{к}} = 3$ мкм/мм- [2, с. 186, табл. 16]

Встановлюємо елементи припуску для другого переходу МОП – точіння чорнове за формулою:

$$R_{z2} = 50 \text{ мкм}, h_2 = 50 \text{ мкм}-[2, с. 188, табл. 25]$$

$$\rho_2 = K_y \cdot \rho_1 \quad (1.10)$$

$$\rho_2 = 0,06 \cdot 910 = 54,6 \text{ мкм}$$

$K_y = 0,06$ - [2, с. 190, табл. 29]

Похибка установки визначасмо як похибку зацентрування валу за формулою:

$$\varepsilon_{y2} = 0,25 \sqrt{Td_1^2 + 1} \quad (1.11)$$

$$\varepsilon_{y2} = 0,25 \sqrt{3,2^2 + 1} = 0,84 \text{ мм} = 840 \text{ мкм}$$

Встановлюємо елементи припуску для третього переходу МОП – точіння чистове:

$$R_{z3} = 20 \text{ мкм}, h_3 = 20 \text{ мкм} \text{ - [2, с. 188, табл. 25]}$$

$$\rho_3 = 0,05 \cdot \rho_2 \quad (1.12)$$

$$\rho_3 = 0,05 \cdot 54,6 = 2,73 \text{ мкм}$$

Похибка установки визначаємо як похибку зацентрування валу за формулою:

$$\varepsilon_{y3} = K_y \cdot \varepsilon_{y2} \quad (1.13)$$

$$\varepsilon_{y3} = 0,06 \cdot 840 = 50,4 \text{ мкм}$$

Для т/о (у печах) згідно формулі:

$$\rho_4 = \Delta_k \cdot l \quad (1.14)$$

де $\Delta_k = 1,5 \text{ мкм/мм}$ - [2, с. 186, табл. 16]

$$\rho_4 = 1,5 \cdot 48 = 72 \text{ мкм}$$

Встановлюємо елементи припуску для п'ятого переходу МОП - попереднє шліфування:

$$R_{z5} = 10 \text{ мкм}, h_5 = 10 \text{ мкм} \text{ [2, с. 188, табл. 25]}$$

$$\rho_5 = 0,05 \cdot \rho_4 \quad (1.15)$$

$$\rho_5 = 0,05 \cdot 72 = 3,6 \text{ мкм}$$

Похибка установки визначаємо як похибку зацентрування валу за формулою:

$$\varepsilon_{y5} = K_y \cdot \varepsilon_{y3} \quad (1.16)$$

$$\varepsilon_{y5} = 0,06 \cdot 50,4 = 3 \text{ мкм}$$

Встановлюємо елементи припуску для шостого переходу МОП - остаточне шліфування.

$$R_{z6} = 3,2 \text{ мкм}, h_6 = 5 \text{ мкм} \text{ [2, с. 188, табл. 25]}, \rho_6 = 1 \text{ мкм}$$

Похибка установки визначаємо як похибку зацентрування валу за формулою (1.16):

$$\varepsilon_{y6} = 0,06 \cdot 3 = 0,18 \text{ мкм}$$

Розраховуємо мінімальні припуски переходів МОП за формулою:

$$2Z_i^{min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right) \quad (1.17)$$

- для точіння чорнового:

$$2Z_2^{min} = 2 \left(200 + 250 + \sqrt{910^2 + 840^2} \right) = 3377 \text{ мкм}$$

- для точіння чистового:

$$2Z_3^{min} = 2 \left(50 + 50 + \sqrt{54,6^2 + 50,4^2} \right) = 349 \text{ мкм}$$

- для шліфування попереднього:

$$2Z_5^{min} = 2 \left(10 + 10 + \sqrt{72^2 + 3^2} \right) = 184 \text{ мкм}$$

- для шліфування остаточного:

$$2Z_6^{min} = 2 \left(3,2 + 5 + \sqrt{3,6^2 + 0,18^2} \right) = 24 \text{ мкм}$$

Розраховуємо мінімальні розміри поверхні методом проф. Кована.

Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу МО за формулою:

$$d_6^{min} = d_6^{НОМ} + eid_6 \tag{1.18}$$

$$d_6^{min} = 50 + 0,003 = 50,003 \text{ мм}$$

Знаходимо мінімальні значення технологічних розмірів за формулою (1.18):

$$d_5^{min} = 50,003 + 0,02 = 50,023 \text{ мм}$$

$$d_3^{min} = 50,027 + 0,2 = 50,227 \text{ мм}$$

$$d_2^{min} = 50,211 + 0,3 = 50,511 \text{ мм}$$

$$d_1^{min} = 50,560 + 3,4 = 53,960 \text{ мм}$$

Знаходимо максимальні значення технологічних розмірів за формулою:

$$d_6^{max} = d_6^{min} + Td_6 \quad (1.19)$$

$$d_6^{max} = 50,003 + 0,017 = 50,020 \text{ мм}$$

$$d_5^{max} = 50,023 + 0,046 = 50,069 \text{ мм}$$

$$d_3^{max} = 50,227 + 0,12 = 50,347 \text{ мм}$$

$$d_2^{max} = 50,511 + 0,46 = 50,971 \text{ мм}$$

$$d_1^{max} = 53,960 + 3,2 = 57,160 \text{ мм}$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів МО за формулою:

$$2Z_2^{max} = d_1^{max} - d_2^{max} \quad (1.20)$$

$$2Z_2^{max} = 57,160 - 50,971 = 6,1 \text{ мм}$$

$$2Z_3^{max} = 50,971 - 50,347 = 0,6 \text{ мм}$$

$$2Z_5^{max} = 50,347 - 50,069 = 0,3 \text{ мм}$$

$$2Z_6^{max} = 50,069 - 50,020 = 0,05 \text{ мм}$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи рівність:

$$\begin{aligned} 2Z_0^{max} - 2Z_0^{min} &= Td_{заг} + Td_{дет} \\ 7,157 - 3,94 &= 3,2 + 0,017 \\ 3,217 &= 3,217 \end{aligned}$$

Визначаємо технологічні виконавчі розміри для переходів МО. Перший перехід – заготовка.

Визначаємо номінальний розмір заготовки за формулою:

$$\begin{aligned} d_{заг}^{НОМ} &= d_1^{НОМ} = d_1^{max} - esd_1 = d_1^{min} + eid_1 \\ d_{заг}^{НОМ} &= 53,960 - 2,1 = 51,860 \text{ мм} \end{aligned} \quad (1.21)$$

$$[d_1] = \varnothing 52_{-1,1}^{+2,1} \text{ мм}$$

$$[d_2] = \varnothing 51h13_{-0,46} \text{ мм}$$

$$[d_3] = \varnothing 50,35h10_{-0,12} \text{ мм}$$

$$[d_5] = \varnothing 50,07h8_{-0,046} \text{ мм}$$

$$[d_6] = \varnothing 50k6_{+0,003}^{+0,020} \text{ мм}$$

Отримані результати заносимо до таблиці 1.6

Припуски на МО призначаємо табличним методом, використовуючи коефіцієнти співвідношення припусків за формулою:

$$Z_0^{min} \gamma_i = \frac{Z_i}{Z_0} \quad (1.22)$$

Враховуючи масу заготовки, точність заготовки, групу сталі та ступінь складності, розмірний інтервал та клас чистоти, знаходимо $Z_0^{min} = 2,8$ мм.

Враховуючи, що розглядається циліндрична поверхня, то:

$$2Z_0^{min} = 2 \cdot 2,8 = 5,6 \text{ мм.}$$

Розподіляємо загальний припуск переходів МОП за формулою:

$$2Z_2^{min} = \gamma_2 \cdot 2Z_0^{min} \quad (1.23)$$

$$2Z_2^{min} = 0,7 \cdot 5,6 = 4 \text{ мм}$$

$$2Z_3^{min} = 0,2 \cdot 5,6 = 1,1 \text{ мм}$$

$$2Z_5^{min} = 0,07 \cdot 5,6 = 0,4 \text{ мм}$$

$$2Z_6^{min} = 0,015 \cdot 5,6 = 0,08 \text{ мм}$$

Визначаємо технологічні розміри переходів МОП

Знаходимо максимальні значення технологічних розмірів згідно формулі:

$$d_{дет}^{max} = d_6^{max} = d_6^{НОМ} + esd_6 \quad (1.24)$$

$$d_{дет}^{max} = 50 + 0,020 = 50,020 \text{ мм}$$

$$d_5^{max} = 50,020 + 0,08 + 0,046 = 50,146 \text{ мм}$$

$$d_3^{max} = 50,146 + 0,4 + 0,12 = 50,666 \text{ мм}$$

$$d_2^{max} = 50,666 + 1,1 + 0,46 = 52,226 \text{ мм}$$

$$d_1^{max} = 52,226 + 4 + 3,2 = 59,426 \text{ мм}$$

Знаходимо мінімальні значення технологічних розмірів за формулою:

$$d_1^{min} = d_1^{max} - Td_1 \quad (1.25)$$

$$d_1^{min} = 59,426 - 3,2 = 56,226 \text{ мм}$$

$$d_2^{min} = 52,226 - 0,46 = 51,766 \text{ мм}$$

$$d_3^{min} = 50,666 - 0,12 = 50,546 \text{ мм}$$

$$d_5^{min} = 50,146 - 0,046 = 50,1 \text{ мм}$$

$$d_6^{min} = 50,020 - 0,017 = 50,003 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні значення припусків переходів МОП за формулою:

$$2Z_2^{max} = d_1^{max} - d_2^{min} \quad (1.26)$$

$$2Z_2^{max} = 59,426 - 51,766 = 7,7 \text{ мм}$$

$$2Z_2^{min} = 56,226 - 52,226 = 4 \text{ мм}$$

$$2Z_3^{max} = 52,226 - 50,546 = 1,7 \text{ мм}$$

$$2Z_3^{min} = 51,766 - 50,666 = 1,1 \text{ мм}$$

$$2Z_5^{max} = 50,666 - 50,1 = 0,6 \text{ мм}$$

$$2Z_5^{min} = 50,546 - 50,146 = 0,4 \text{ мм}$$

$$2Z_6^{max} = 50,146 - 50,003 = 0,14 \text{ мм}$$

$$2Z_6^{min} = 50,1 - 50,020 = 0,08 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку:

$$2Z_0^{max} = d_{заг}^{max} - d_{дет}^{min} = d_1^{max} - d_6^{min} = 59,426 - 50,003 = 9,423 \text{ мм}$$

$$2Z_0^{min} = d_{заг}^{min} - d_{дет}^{max} = d_1^{min} - d_6^{max} = 56,226 - 50,020 = 6,206 \text{ мм}$$

$$TZ_0 = 2Z_0^{max} - 2Z_0^{min} = Td_{заг} + Td_{дет}$$

$$9,423 - 6,206 = 3,2 + 0,017$$

$$3,217 = 3,217$$

Призначасмо виконавчі технологічні розміри переходів МОП:

$$esd_{\text{зар}} = +\frac{2}{3} \cdot 3,2 = +2,1 \text{ мм}$$

$$eid_{\text{зар}} = -\frac{1}{3} \cdot 3,2 = -1,1 \text{ мм}$$

$$d_{\text{зар}}^{\text{НОМ}} = 59,426 - 2,1 = 57,326 \text{ мм}$$

$$[d_1] = \varnothing 57,3_{-1,1}^{+2,1} \text{ мм}$$

$$[d_2] = \varnothing 52,2h13_{-0,46} \text{ мм}$$

$$[d_3] = \varnothing 50,67h10_{-0,12} \text{ мм}$$

$$[d_5] = \varnothing 50,15h8_{-0,046} \text{ мм}$$

$$[d_6] = \varnothing 50k6_{+0.003}^{+0.020} \text{ мм}$$

Усі розрахунки зводимо до таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Призначення припусків та розрахунок технологічних розмірів шляхом проф. Кована та методом розмірних ланцюгів для циліндричних поверхонь

МОП		Елементи припуску, мкм				Розрах. р-р, мм		Td _i , мм	Попер. р-ри, мм		Попер. припуски, мм		Виконавчий розмір [], мм d _i
i	метод обр-ки	Rz	h	ρ	ε	2Z _i ^{min}	d _i ^{max}		d _i ^{max}	d _i ^{min}	2Z _i ^{min}	2Z _i ^{max}	
методом проф. Кована													
Поверхня 7 - зовнішня циліндрична Ra 0,8; Ø50 ^{+0,020} _{+0,003} мм; ↗ 0,02													
1	З-ля – шт-ня	200	250	910	-	-	57,16	3,2	57,16	53,96	-	-	Ø52 ^{+2,1} _{-1,1}
2	Точ-я чорн.	50	50	54,6	840	3,4	50,971	0,46	50,971	50,511	3,4	6,1	Ø51h13 _{-0,46}
3	Точ-я чистий.	20	20	2,73	50,4	0,3	50,347	0,12	50,347	50,227	0,3	0,6	Ø50,35h10 _{-0,12}
4	Т/о	-	-	72	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліф-я передві.	10	10	3,6	3	0,2	50,069	0,046	50,069	50,023	0,2	0,3	Ø50,07h8 _{-0,046}
6	Шліф вікон.	3,2	5	1	0,18	0,02	50,02	0,017	50,02	50,003	0,02	0,05	Ø50k6 ^{+0,020} _{+0,003}
методом розмірних ланцюгів													
Поверхня 2 – циліндрична зовнішня Ø35h8-0,039 мм; Ra 1,6; ↗ 0,03													
1	З-ля – шт-ня					-	43,89	2,9	43,89	40,99	-	-	Ø42 ^{+1,9} _{-1,0}
2	Точ-я чорн.					4	36,99	0,39	36,99	36,6	4	7,3	Ø37h13 _{-0,39}
3	Точ-я чистий.	-	-	-	-	1,1	35,5	0,1	35,5	35,4	1,1	1,6	Ø35,5h10 _{-0,1}
4	Т/о					-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліф-е					0,4	35	0,039	35	34,961	0,4	0,5	Ø35h8 _{-0,039}
Поверхня 7 - зовнішня циліндрична Ra 0,8; Ø50 ^{+0,020} _{+0,003} мм; ↗ 0,02													
1	З-ля – шт-ня					-	59,426	3,2	59,426	56,226	-	-	Ø57,3 ^{+2,1} _{-1,1}
2	Точ-я чорн.					4	52,226	0,46	52,226	51,766	4	7,7	Ø52,2h13 _{-0,46}
3	Точ-я чистий.					1,1	50,666	0,12	50,666	50,546	1,1	1,7	Ø50,67h10 _{-0,12}
4	Т/о	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліф-е передві.					0,4	50,146	0,046	50,146	50,1	0,4	0,6	Ø50,15h8 _{-0,046}
6	Шліф вікон.					0,08	50,02	0,017	50,02	50,003	0,08	0,14	Ø50k6 ^{+0,020} _{+0,003}

Продовження табл. 1.6

МОП		Елементи припуску, мкм				Розрах. р-р, мм		Td _i , мм	Попер. р-ри, мм		Попер. припуски, мм		Виконавчий розмір [], мм d _i
i	метод обр-ки	Rz	h	ρ	ε	2Z _i ^{min}	d _i ^{max}		d _i ^{max}	d _i ^{min}	2Z _i ^{min}	2Z _i ^{max}	
Поверхня 10 – циліндрична зовнішня ∅60x10-0,12 мм; Ra 3,2													
1	З-ля – шт-ня					-	68,96	3,2	68,96	65,76	-	-	∅67 ^{+2,1} _{-1,1}
2	Точ-я чорн.	-	-	-	-	4,1	61,66	0,46	61,66	61,2	4,1	7,8	∅61,7h13 _{-0,46}
3	Точ-я чистий.	-	-	-	-	1,2	60	0,12	60	58,88	1,2	2,8	∅60h10 _{-0,12}
4	Т/о	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Поверхня 13 – циліндрична зовнішня ∅62h10-0,12 мм; Ra 3,2													
1	З-ля – шт-ня					-	70,96	3,2	70,96	67,76	-	-	∅69 ^{+2,1} _{-1,1}
2	Точ-я чорн.	-	-	-	-	4,1	63,66	0,46	63,66	63,2	4,1	7,8	∅63,7h13 _{-0,46}
3	Точ-я чистий.	-	-	-	-	1,2	62	0,12	62	61,88	1,2	2,8	∅62h10 _{-0,12}
4	Т/о	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Поверхня 15 - циліндрична зовнішня; Ra 0,8 ∅65 ^{+0,016} _{+0,003} мм													
1	З-ля – шт-ня					-	74,721	3,2	74,721	71,521	-	-	∅72,6 ^{+2,1} _{-1,1}
2	Точ-я чорн.	-	-	-	-	4,1	67,421	0,46	67,421	66,961	4,1	7,8	∅67,4h13 _{-0,46}
3	Точ-я чистий.	-	-	-	-	1,2	65,761	0,12	65,761	65,641	1,2	1,8	∅65,76h10 _{-0,12}
4	Т/о	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліф-е передві.	-	-	-	-	0,41	65,231	0,046	65,231	65,185	0,41	0,6	∅65,23h8 _{-0,046}
6	Шліф-е чистий.	-	-	-	-	0,09	65,095	0,019	65,095	65,076	0,09	0,16	∅65,1h6 _{-0,019}
7	Шліф-е тонке	-	-	-	-	0,06	65,016	0,013	65,016	65,003	0,06	0,09	∅65k5 ^{+0,016} _{+0,003}
Поверхня 25 – циліндрична зовнішня ∅45h8-0,039 мм; Ra 1,6													
1	З-ля – шт-ня					-	53,89	2,9	53,89	50,99	-	-	∅52 ^{+1,9} _{-1,0}
2	Точ-я чорн.	-	-	-	-	4	46,99	0,39	46,99	46,6	4	7,3	∅47h13 _{-0,39}
3	Точ-я чистий.	-	-	-	-	1,1	45,5	0,1	45,5	45,4	1,1	1,6	∅45,5h10 _{-0,1}
4	Т/о	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліф-е	-	-	-	-	0,4	45	0,039	45	44,961	0,4	0,5	∅45h8 _{-0,039}

Таблиця 1.7 – Призначення припусків та розрахунок технологічних розмірів методом розмірних ланцюгів для торцевих поверхонь

МОП		Елементи припуску, мкм				Розрах. р-р, мм		Tl _i , мм	Попер. р-ри, мм		Попер. припуски, мм		Виконавчий розмір [], ммl _i
i	метод обр-ки	Rz	h	ρ	ε	Z _i ^{min}	l _i ^{max}		l _i ^{max}	l _i ^{min}	Z _i ^{min}	Z _i ^{max}	
Поверхня 9 - торцева; Ra 1,6;83js10 ± 0,070 мм ↗ 0,02													
1	З-ля – шт-ня					-	78,14	3,2	78,14	74,94	-	-	76 ^{+1,1} _{-2,1}
2	Точ-я чорн.					2	81,01	0,87	81,01	80,14	2	6,1	80h14 ^{+0,87}
3	Точ-я чистий.	-	-	-	-	0,6	81,83	0,22	81,83	81,61	0,6	1,7	81,6h11 ^{+0,22}
4	Т/о					-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліф-е					0,2	82,17	0,14	82,17	82,03	0,2	0,6	83js10 ± 0,070
Поверхня 17 - торцева; Ra 1,6;265js10 ± 0,105 мм ↗ 0,02													
1	З-ля – шт-ня					-	260,045	4,5	260,045	255,545	-	-	257 ^{+1,5} _{-3,0}
2	Точ-я чорн.					2,3	263,645	1,3	263,645	262,345	2,3	8,1	262,3h14 ^{+1,3}
3	Точ-я чистий.	-	-	-	-	0,7	264,665	0,32	264,665	264,345	0,7	2,32	264,35h11 ^{+0,32}
4	Т/о					-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліф-е					0,23	265,105	0,21	265,105	264,895	0,23	0,8	265js10 ± 0,105
Поверхня 21 - торцева; Ra 1,6;119js10 ± 0,070 мм ↗ 0,02													
1	З-ля – шт-ня					-	115,04	3,2	115,04	111,84	-	-	113 ^{+1,1} _{-2,1}
2	Точ-я чорн.					2	117,91	0,87	117,91	117,04	2	6,1	117h14 ^{+0,87}
3	Точ-я чистий.	-	-	-	-	0,6	118,73	0,22	118,73	118,51	0,6	1,7	118,5h11 ^{+0,22}
4	Т/о					-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліф-е					0,2	119,07	0,14	119,07	118,93	0,2	0,6	119js10 ± 0,070
Поверхня 24 - торцева; Ra 1,6;94js10 ± 0,070 мм ↗ 0,02													
1	З-ля – шт-ня					-	90,04	3,2	90,04	86,84	-	-	88 ^{+1,1} _{-2,1}
2	Точ-я чорн.					2	92,91	0,87	92,91	92,04	2	6,1	92h14 ^{+0,87}
3	Точ-я чистий.	-	-	-	-	0,6	93,73	0,22	93,73	93,51	0,6	1,7	93,5h11 ^{+0,22}
4	Т/о					-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліф-е					0,2	94,07	0,14	94,07	93,93	0,2	0,6	94js10 ± 0,070

1.6 Розрахунок режимів різання

Операція 010 – Фрезерно-центрувальна

Операція виконується на фрезерно-центрувальному н/а мод. МР-71М. У ході операції відбувається фрезерування крайніх торців заготовки та свердління отворів центрувань. Операційний ескіз – рис. 1.5.

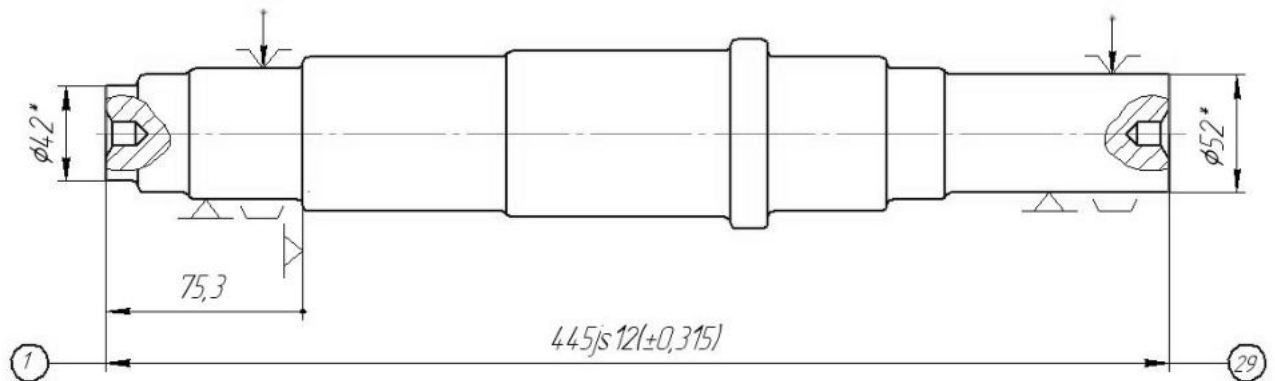


Рисунок 1.5 – Операційний ескіз фрезерно-центрувальної операції 010

Вибір різального інструменту

Вибираємо торцеву насадну фрезу 2214-0001 із вставними ножами, оснащеними пластинами із твердого сплаву Т5К10 (ГОСТ 24359-80) з такими параметрами:

$$D = 100 \text{ мм}, L = 50 \text{ мм}, d = 32 \text{ мм}, Z = 8.$$

Розрахунок режимів різання

$$t = 3,4 \text{ мм}; B1 = 42 \text{ мм}; B2 = 52 \text{ мм}.$$

Для подальших розрахунків режимів різання використовуємо ширину фрезерування = 52 мм.

Подача

Подачу на один зуб вибираємо по [3, с. 283, табл. 34] $S_z = 0,08$ мм.

Швидкість різання визначаємо за формулою :

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \quad (1.27)$$

де коефіцієнти та показники ступенів вибираємо по [3, с. 286, табл. 39]

$$C_v = 64,7; q = 0,25; x = 0,1; y = 0,2; u = 0,15; p = 0; m = 0,2; T = 180 \text{ хв}$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} \quad (1.28)$$

$$K_v = 0,72 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,58$$

$$K_{mv} = K_\Gamma \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad (1.29)$$

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{1080} \right)^{0,9} = 0,72$$

$K_\Gamma = 1,0; n_v = 0,9$ [3, с. 262, табл. 2]; $\sigma_B = 1080$ МПа; $K_{pv} = 0,8$ [3, с. 263, табл. 5]; [3, с. 263, табл. 6]. $K_{iv} = 1,0$

$$V_p = \frac{64,7 \cdot 100^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 3,4^{0,1} \cdot 0,08^{0,2} \cdot 52^{0,15} \cdot 8^0} \cdot 0,58 = 34,05 \text{ м/хв}$$

Частота обертання за формулою:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D} \quad (1.30)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 34,05}{3,14 \cdot 100} = 108,43 \text{ об/мин}$$

За паспортом верстата вибираємо $n_{ст} = 100$ об/мин.

Розраховуємо фактичну швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{ст}}{1000} \quad (1.31)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 100}{1000} = 31,4 \text{ м/мин}$$

Розраховуємо хвилинну подачу при фрезеруванні за формулою:

$$S_M = S_z \cdot Z \cdot n_{ст} \quad (1.32)$$

$$S_M = 0,08 \cdot 14 \cdot 100 = 112 \text{ мм/хв}$$

Свердління

Вибір різального інструменту

Вибираємо центрувальне свердло 2317-0107 за ГОСТ 14952-75 з такими параметрами: матеріал – Т15К6; тип А; $d = 4$ мм; $D = 10$ мм; $l = 6,2-1,2$ мм; $L=59-6,0$ мм.

Розрахунок режимів різання

Глибина різання:

$$t = 2 \text{ мм}$$

Подача

При свердлінні отворів без обмежувальних факторів вибираємо максимально допустиму за міцністю свердла подачу [4, с. 271, мапа 27]. $S_o = 0,04$ мм/об

Швидкість різання:

$$V_{\text{табл}} = 18 \text{ м/мин [4, с. 271, карта 27]}$$

Оберти розраховуємо за формулою (1.30):

$$n_p = \frac{1000 \cdot 18}{3,14 \cdot 4} = 1433 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата вибираємо $n_{\text{ст}} = 1125 \text{ об/хв}$

Розраховуємо фактичну швидкість різання за формулою (1.31):

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 1125}{1000} = 14,13 \text{ м/хв}$$

Операція 015 - Токарна

Операція виконується на токарному гідрокопіювальному н/а мод. 1712. У ході операції відбувається точіння зовнішніх циліндричних та торцевих поверхонь. Операційний ескіз рис. 1.6.

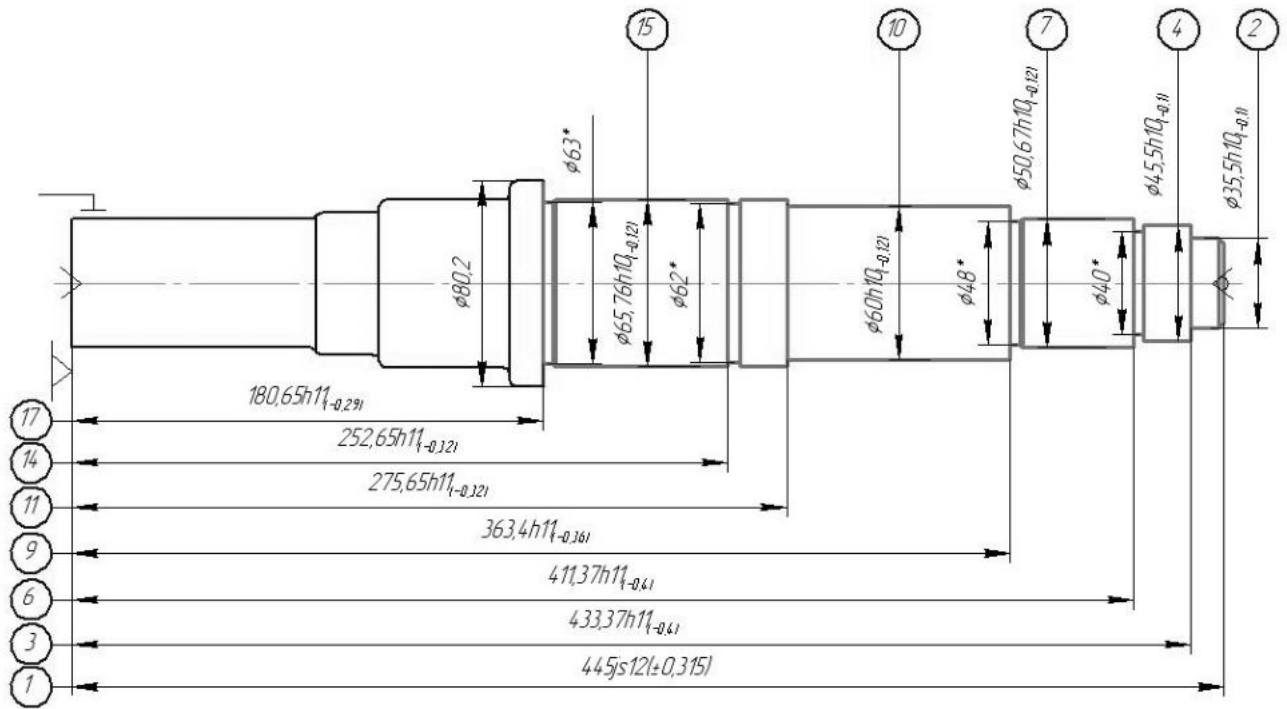


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз токарної операції 015

Розрахунок копіра:

- 1) Виконуємо схему перепадів сходів копіра, на якій показуємо та позначаємо діаметри та висоту сходів (рис. 1.7).

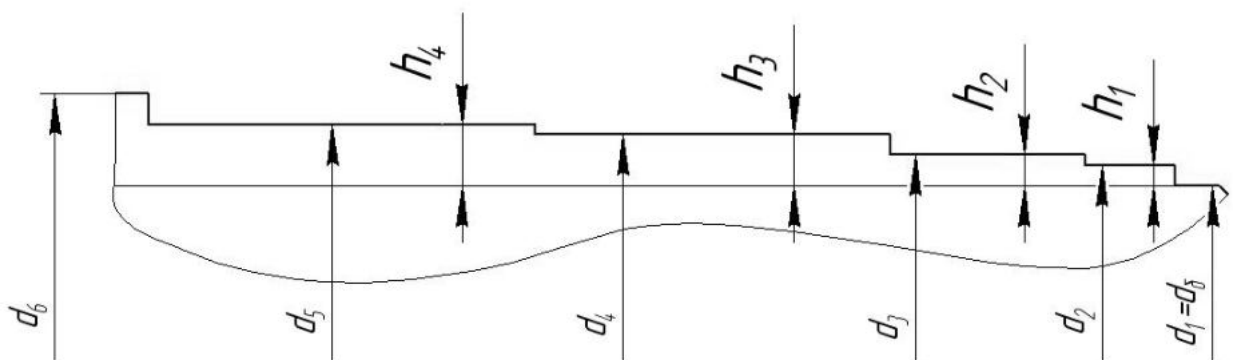


Рисунок 1.7 – Розрахункова схема визначення перепадів копіра

- 2) За базову шию приймаємо поверхню, яка має найменший допуск

$$d_6 = d_1 = \varnothing 35,5 h10_{(-0,1)}$$

- 3) Зменшуємо допуск на виготовлення базової шийки валу, що обробляється

$$TK_1 = 0,3 \cdot Td_1 = 0,3 \cdot 0,1 = 0,03 \text{ мм}$$

- 4) Посилює граничні розміри базової шийки за формулою :

$$d_6^{max} = d_1^{max} - \frac{TK_1}{2} \quad (1.33)$$

$$d_6^{max} = 35,5 - \frac{0,03}{2} = 35,485 \text{ мм}$$

$$d_6^{min} = d_1^{min} + \frac{TK_1}{2} \quad (1.34)$$

$$d_6^{min} = 35,4 + \frac{0,03}{2} = 35,415 \text{ мм}$$

$$d_6^{max} - d_6^{min} = 35,485 - 35,415 = 0,07 < 0,1$$

- 5) Визначаємо граничні величини перепадів копіру
- для першого перепаду за формулою:

$$h_1^{max} = \frac{d_2^{max} - d_6^{max}}{2} \quad (1.35)$$

$$h_1^{max} = \frac{45,5 - 35,485}{2} = 5,008 \text{ мм}$$

$$h_1^{min} = \frac{d_2^{min} - d_6^{min}}{2} = \frac{45,4 - 35,415}{2} = 4,993 \text{ мм} \quad (1.36)$$

$$Th_1 = h_1^{max} - h_1^{min} \quad (1.37)$$

$$Th_1 = 5,008 - 4,993 = 0,015 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір першої сходинки: $h_1 = 5,008_{-0,015}$ мм

- для другого перепаду за формулами (1.35-1.37):

$$h_2^{max} = \frac{50,67 - 35,485}{2} = 7,592 \text{ мм}$$

$$h_2^{min} = \frac{50,55 - 35,415}{2} = 7,568 \text{ мм}$$

$$Th_2 = 7,592 - 7,568 = 0,024 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір першої сходинки: $h_2 = 7,592_{-0,024}$ мм

- для третього перепаду:

$$h_3^{max} = \frac{60 - 35,485}{2} = 12,258 \text{ мм}$$

$$h_3^{min} = \frac{59,88 - 35,415}{2} = 12,233 \text{ мм}$$

$$Th_3 = 12,258 - 12,233 = 0,025 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір першої сходинки: $h_3 = 12,258_{-0,025}$ мм

- для четвертого перепаду:

$$h_4^{max} = \frac{65,76 - 35,485}{2} = 15,138 \text{ мм}$$

$$h_4^{min} = \frac{65,64 - 35,415}{2} = 15,113 \text{ мм}$$

$$Th_4 = 15,138 - 15,113 = 0,025 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір першої сходинки: $h_4 = 15,138_{-0,025}$ мм

б) Виконуємо ескіз копіра(рис.1.8) та призначаємо висоту Н

Найменший діаметр оброблюваної шийки валу $R=17,75$ мм. Приймаємо значення висоти копіру $H = 41$ мм.

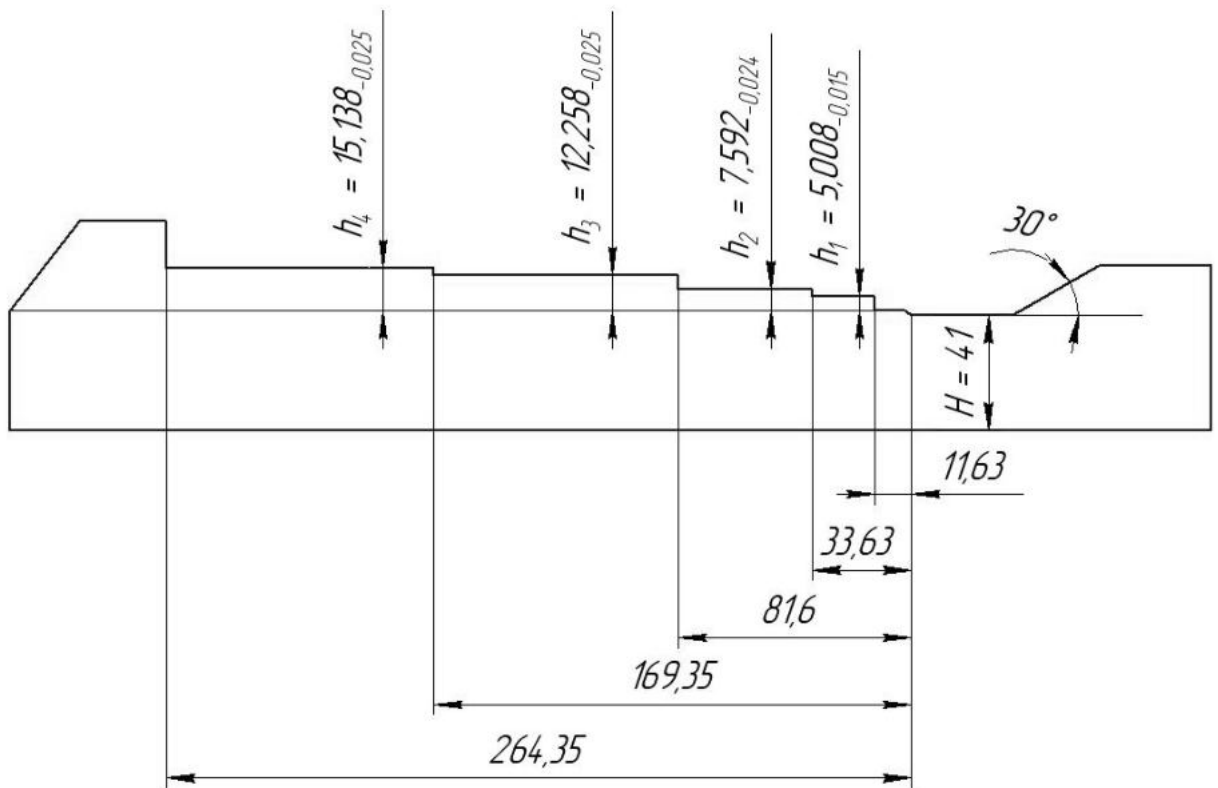


Рисунок 1.8 – Ескіз копіру

Вибираємо різець прохідний 2101-0055 з наступними параметрами: матеріал – ВК6; розміри державки 20x20x100, правий, ГОСТ 18879-73.

Розрахунок режимів різання

Глибина різання:

- для поверхні 1

$t_{\text{черн}} = 2,5$ мм; $t_{\text{чист}} = 0,75$ мм

- для поверхні 2

$$t_{\text{черн}} = 2,5 \text{ мм}; t_{\text{чист}} = 0,75 \text{ мм}$$

- для поверхні 3

$$t_{\text{черн}} = 2,55 \text{ мм}; t_{\text{чист}} = 0,77 \text{ мм}$$

- для поверхні 4

$$t_{\text{черн}} = 2,65 \text{ мм}; t_{\text{чист}} = 0,85 \text{ мм}$$

- для поверхні 5

$$t_{\text{черн}} = 2,6 \text{ мм}; t_{\text{чист}} = 0,82 \text{ мм}$$

Подача:

- при чорновому точінні за формулою:

$$S_p^{\text{черн}} = S_{\text{табл}}^{\text{черн}} \cdot K_{S1} \cdot K_{S2} \quad (1.38)$$

$$S_p^{\text{черн}} = 0,35 \cdot 1,25 \cdot 0,84 = 0,37 \text{ мм/об}$$

$$S_{\text{табл}}^{\text{черн}} = 0,35 \text{ мм/об}$$

$$K_{S1} = 1,25$$

$$K_{S2} = 0,84$$

За паспортом верстата приймаємо $S_{\text{ст}}^{\text{черн}} = 0,35 \text{ мм/об}$

- при чистовому точінні за формулою (1.39):

$$S_p^{\text{чист}} = 0,15 \cdot 1,25 \cdot 0,84 = 0,16 \text{ мм/об}$$

$$S_{\text{табл}}^{\text{чист}} = 0,15 \text{ мм/об}$$

$$K_{S1} = 1,25 \quad K_{S2} = 0,84$$

За паспортом верстата приймаємо $S_{\text{ст}}^{\text{чист}} = 0,12 \text{ мм/об}$

Швидкість різання згідно формулі (1.27):

- при чорновому точінні:

$$V_p^{\text{черн}} = 150,2 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 1,11 \cdot 1,1 \cdot 0,69 \cdot 0,97 \cdot 0,87 \cdot 1,0 \cdot 0,71 = \\ = 45,49 \text{ м/мин}$$

$$V_{\text{табл}}^{\text{черн}} = 150,2 \text{ м/мин}$$

$$K_1 = 1,0$$

$$K_6 = 0,69$$

$$K_2 = 0,8$$

$$K_7 = 0,97$$

$$K_3 = 0,75$$

$$K_8 = 0,87$$

$$K_4 = 1,11$$

$$K_9 = 1,0$$

$$K_5 = 1,1$$

$$K_{10} = 0,71$$

Частота обертання згідно формулі (1.30):

$$n_p^{\text{черн}} = \frac{1000 \cdot 45,5}{3,14 \cdot 67,4} = 215 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата вибираємо $n_{\text{ст}}^{\text{черн}} = 200 \text{ об/мин}$.

Розраховуємо фактичну швидкість різання за формулою (1.31) :

$$V_{\phi}^{\text{черн}} = \frac{3,14 \cdot 67,4 \cdot 200}{1000} = 42,33 \text{ м/хв.}$$

- при чистовому точінні за формулою (1.27):

$$V_p^{\text{чист}} = 150,2 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 1,11 \cdot 1,1 \cdot 0,69 \cdot 1,19 \cdot 1,12 \cdot 1,0 \cdot 0,71 =$$

$$= 71,85 \text{ м/мин}$$

$$V_{\text{табл}}^{\text{чист}} = 150,2 \text{ м/мин}$$

$$K_1 = 1,0$$

$$K_6 = 0,69$$

$$K_2 = 0,8$$

$$K_7 = 1,19$$

$$K_3 = 0,75$$

$$K_8 = 1,12$$

$$K_4 = 1,11$$

$$K_9 = 1,0$$

$$K_5 = 1,1$$

$$K_{10} = 0,71$$

Оберти за формулою (1.30):

$$n_p^{\text{чист}} = \frac{1000 \cdot 71,85}{3,14 \cdot 65,76} = 348 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата вибираємо $n_{\text{ст}}^{\text{чист}} = 315 \text{ об/хв}$

Розраховуємо фактичну швидкість різання:

$$V_{\text{ф}}^{\text{чист}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{max}} \cdot n_{\text{ст}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 65,76 \cdot 315}{1000} = 65,03 \text{ м/мин}$$

Канавковий різець

Вибираємо різець канавковий 2130-0501 ГОСТ 18874-73

Розрахунок режимів різання

Глибина різання:

$$t = 4 \text{ мм}$$

Подача за формулою (1.38):

$$S_p = 0,06 \cdot 0,85 \cdot 0,40 = 0,02 \text{ мм/об}$$

$$S_{\text{табл}} = 0,06 \text{ мм/об}$$

$$K_{s1} = 0,85$$

$$K_{s2} = 0,40$$

За паспортом верстата приймаємо $S_{\text{ст}} = 0,02 \text{ мм/об}$

Швидкість різання за формулою (1.27):

$$V_p = 60 \cdot 0,77 \cdot 1,39 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,73 \cdot 1,0 = 32,82 \text{ м/хв.}$$

$$V_{\text{табл}} = 60 \text{ м/хв}$$

$$K_1 = 0,77$$

$$K_5 = 1,0$$

$$K_2 = 1,39$$

$$K_6 = 1,0$$

$$K_3 = 0,7$$

$$K_7 = 0,73$$

$$K_4 = 1,0$$

$$K_8 = 1,0$$

Оберти згідно формулі (1.30):

$$n_p = \frac{1000 \cdot 32,82}{3,14 \cdot 65,76} = 158,95 \text{ об/хв.}$$

За паспортом верстата вибираємо $n_{\text{ст}} = 160 \text{ об/мин.}$

Розраховуємо фактичну швидкість різання за формулою (1.31):

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 65,76 \cdot 160}{1000} = 33,04 \text{ м/хв}$$

Операція 020 - Токарна

Операція виконується на токарному гідрокопіювальному н/а мод. 1712. У ході операції відбувається точіння зовнішніх циліндричних та торцевих поверхонь. Операційний ескіз див. рис. 1.9.

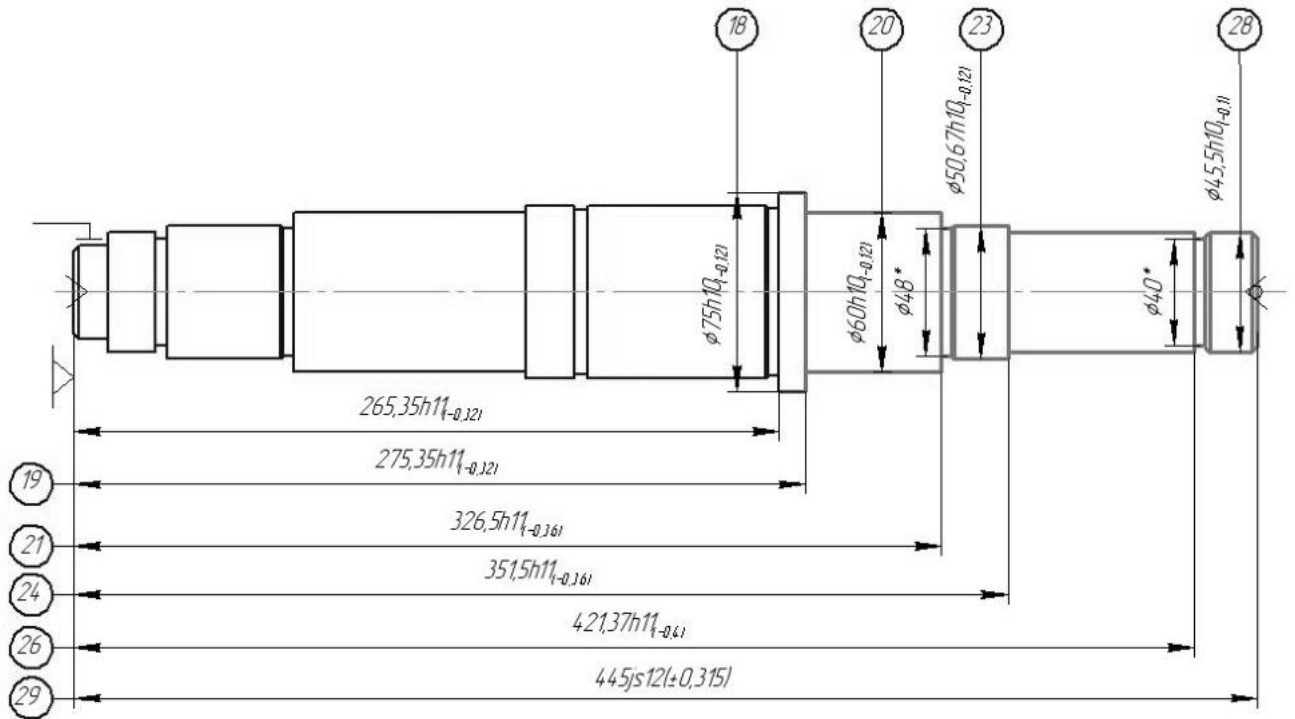


Рисунок 1.9 – Операційний ескіз токарної операції 015

Розрахунок копіра:

- 1) Виконуємо схему перепадів сходів копіра, на якій показуємо та позначаємо діаметри та висоту сходів (рис. 1.10).

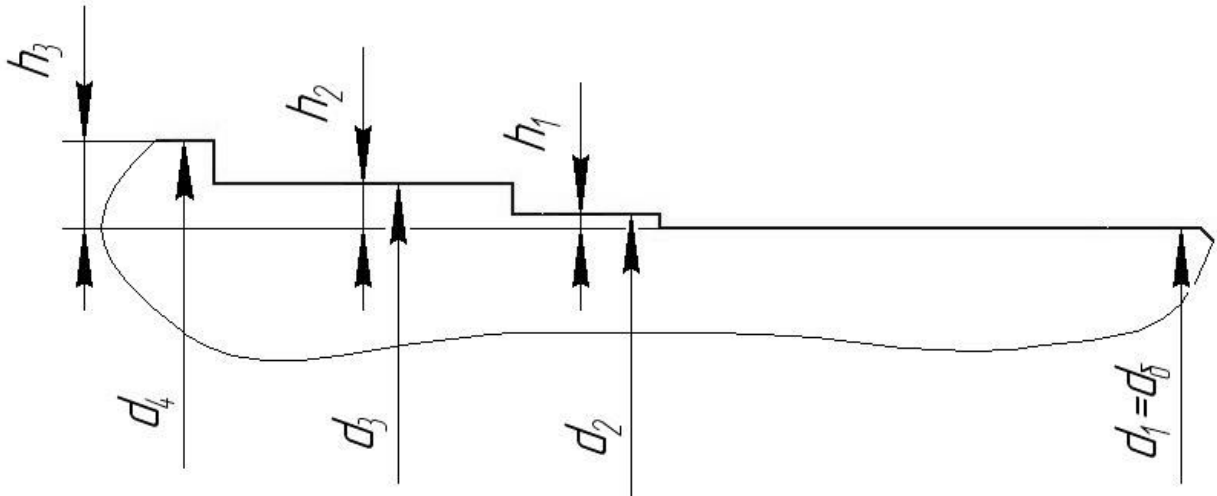


Рисунок 1.10 – Розрахункова схема визначення перепадів копіру

- 2) За базову шийку приймаємо поверхню, яка має найменший допуск.

$$d_6 = d_1 = \varnothing 45,5h10_{(-0,1)}$$

- 3) Зменшуємо допуск на виготовлення базової шийки валу, що обробляється.

$$TK_1 = 0,3 \cdot Td_1 = 0,3 \cdot 0,1 = 0,03 \text{ мм}$$

- 4) Посилює граничні розміри базової шийки за формулами (1.33-1.34):

$$d_6^{max} = 45,5 - \frac{0,03}{2} = 45,485 \text{ мм}$$

$$d_6^{min} = 45,39 + \frac{0,03}{2} = 45,415 \text{ мм}$$

$$d_6^{max} - d_6^{min} = 45,485 - 45,415 = 0,07 < 0,1$$

- 5) Визначаємо граничні величини перепадів копіру за формулами (1.35-1.37)

- для першого перепаду :

$$h_1^{max} = \frac{50,67 - 45,485}{2} = 2,593 \text{ мм}$$

$$h_1^{min} = \frac{50,55 - 45,415}{2} = 2,568 \text{ мм}$$

$$Th_1 = 2,593 - 2,568 = 0,025 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір першої сходинки: $h_1 = 2,593_{-0,025}$ мм

- для другого перепаду :

$$h_2^{max} = \frac{60 - 45,485}{2} = 7,258 \text{ мм}$$

$$h_2^{min} = \frac{59,88 - 45,415}{2} = 7,233 \text{ мм}$$

$$Th_2 = 7,258 - 7,233 = 0,025 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір першої сходинки: $h_2 = 7,258_{-0,025}$ мм

- для третього перепаду

$$h_3^{max} = \frac{75 - 45,485}{2} = 14,758 \text{ мм}$$

$$h_3^{min} = \frac{74,8 - 45,415}{2} = 14,733 \text{ мм}$$

$$Th_3 = 14,758 - 14,733 = 0,025 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір першої сходинки: $h_3 = 14,758_{-0,025}$ мм

Виконуємо ескіз копіра та призначаємо висоту H .

Найменший діаметр оброблюваної шийки валу $R = 22,75$ мм. Приймаємо значення висоти копіру $H = 41$ мм.

Ескіз копіру представлено на рис. 1.11.

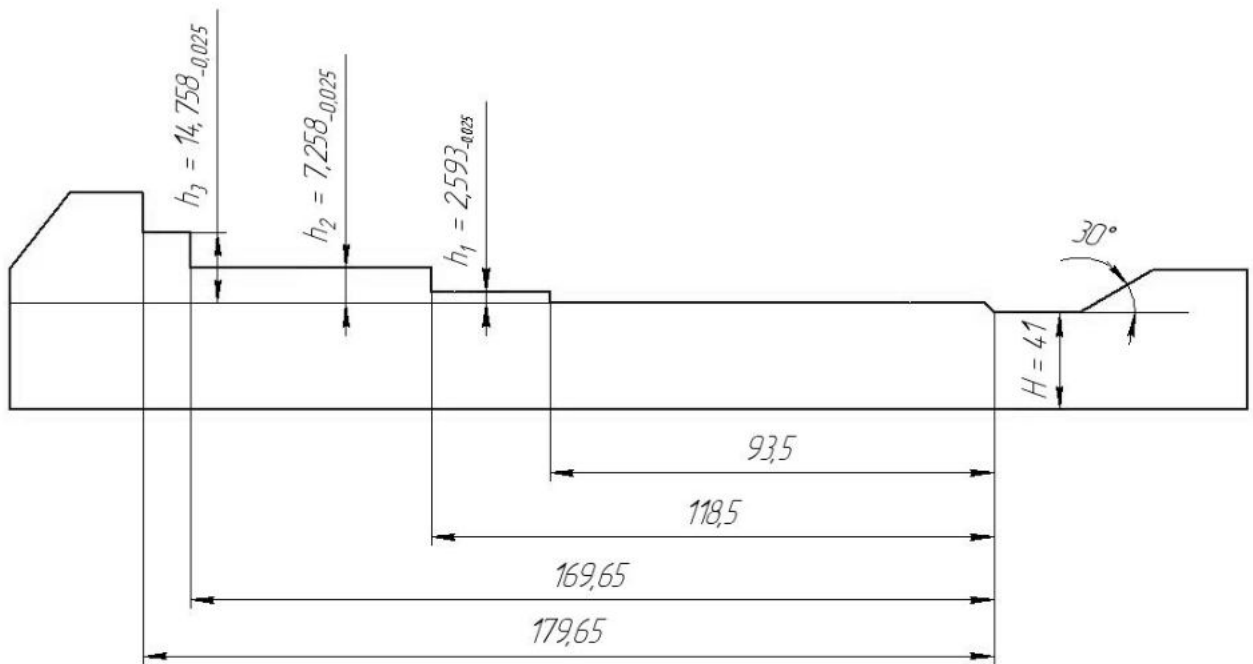


Рисунок 1.11 – Ескіз копіру

Прохідний різець

Вибираємо різець прохідний 2101-0055 з наступними параметрами: матеріал – ВК6; розміри державки 20x20x100, правий, ГОСТ 18879-73.

Розрахунок режимів різання

Глибина різання:

- для поверхні 1

$$t_{\text{черн}} = 2,5 \text{ мм}; t_{\text{чист}} = 0,75 \text{ мм}$$

- для поверхні 2

$$t_{\text{черн}} = 2,5 \text{ мм}; t_{\text{чист}} = 0,75 \text{ мм}$$

- для поверхні 3

$$t_{\text{черн}} = 2,55 \text{ мм}; t_{\text{чист}} = 0,77 \text{ мм}$$

- для поверхні 4

$$t_{\text{черн}} = 2,65 \text{ мм}; t_{\text{чист}} = 0,85 \text{ мм}$$

- для поверхні 5

$$t_{\text{черн}} = 2,65 \text{ мм}; t_{\text{чист}} = 0,85 \text{ мм}$$

Подача:

- при чорновому точінні за формулою (1.38):

$$S_p^{\text{черн}} = 0,35 \cdot 1,25 \cdot 0,86 = 0,38 \text{ мм/об}$$

$$S_{\text{табл}}^{\text{черн}} = 0,35 \text{ мм/об}$$

$$K_{S1} = 1,25$$

$$K_{S2} = 0,86$$

За паспортом верстата приймаємо $S_{\text{ст}}^{\text{черн}} = 0,35 \text{ мм/об}$

- при чистовому точінні за формулою (1.38):

$$S_p^{\text{чист}} = 0,15 \cdot 1,25 \cdot 0,86 = 0,16 \text{ мм/об}$$

$$S_{\text{табл}}^{\text{чист}} = 0,15 \text{ мм/об}$$

$$K_{S1} = 1,25$$

$$K_{S2} = 0,86$$

За паспортом верстата приймаємо $S_{\text{ст}}^{\text{чист}} = 0,12$ мм/об

Швидкість різання за формулою (1.27):

- при чорновому точінні

$$V_p^{\text{черн}} = 150,2 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 1,08 \cdot 1,1 \cdot 0,69 \cdot 0,97 \cdot 0,87 \cdot 1,0 \cdot 0,77 = \\ = 48 \text{ м/мин}$$

$$V_{\text{табл}}^{\text{черн}} = 150,2 \text{ м/мин}$$

$$K_1 = 1,0$$

$$K_6 = 0,69$$

$$K_2 = 0,8$$

$$K_7 = 0,97$$

$$K_3 = 0,75$$

$$K_8 = 0,87$$

$$K_4 = 1,08$$

$$K_9 = 1,0$$

$$K_5 = 1,1$$

$$K_{10} = 0,77$$

Оберти за формулою (1.30):

$$n_p^{\text{черн}} = \frac{1000 \cdot 48}{3,14 \cdot 76,7} = 199,3 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата вибираємо $n_{\text{ст}}^{\text{черн}} = 200$ об/хв

Розраховуємо фактичну швидкість різання за формулою (1.31):

$$V_{\text{ф}}^{\text{черн}} = \frac{3,14 \cdot 76,7 \cdot 200}{1000} = 48,16 \text{ м/хв}$$

- при чистовому точінні:

$$V_p^{\text{чист}} = 150,2 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 1,08 \cdot 1,1 \cdot 0,69 \cdot 1,19 \cdot 1,12 \cdot 1,0 \cdot 0,77 =$$

$$= 75,81 \text{ м/хв}$$

$$V_{\text{табл}}^{\text{чист}} = 150,2 \text{ м/хв}$$

$$K_1 = 1,0$$

$$K_6 = 0,69$$

$$K_2 = 0,8$$

$$K_7 = 1,19$$

$$K_3 = 0,75$$

$$K_8 = 1,12$$

$$K_4 = 1,08$$

$$K_9 = 1,0$$

$$K_5 = 1,1$$

$$K_{10} = 0,77$$

Оберти за формулою (1.30):

$$n_p^{\text{чист}} = \frac{1000 \cdot 75,81}{3,14 \cdot 75} = 321,91 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата вибираємо $n_{\text{ст}}^{\text{чист}} = 315 \text{ об/хв}$

Розраховуємо фактичну швидкість різання за формулою (1.31):

$$V_{\text{ф}}^{\text{чист}} = \frac{3,14 \cdot 75 \cdot 315}{1000} = 74,18 \text{ м/хв}$$

Канавковий різець

Вибираємо різець канавковий 2130-0501 ГОСТ 18874-73

Розрахунок режимів різання

Глибина різання:

$$t = 4 \text{ мм}$$

Подача за формулою (1.38):

$$S_p = 0,05 \cdot 0,8 \cdot 0,40 = 0,016 \text{ мм/об}$$

$$S_{\text{табл}} = 0,05 \text{ мм/об}$$

$$K_{s1} = 0,8$$

$$K_{s2} = 0,40$$

За паспортом верстата приймаємо $S_{\text{ст}} = 0,02 \text{ мм/об}$

Швидкість різання за формулою (1.27):

$$V_p = 60 \cdot 0,77 \cdot 1,39 \cdot 0,65 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,73 \cdot 1,0 = 30,47 \text{ м/хв}$$

$$V_{\text{табл}} = 60 \text{ м/хв}$$

$$K_1 = 0,77$$

$$K_5 = 1,0$$

$$K_2 = 1,39$$

$$K_6 = 1,0$$

$$K_3 = 0,65$$

$$K_7 = 0,73$$

$$K_4 = 1,0$$

$$K_8 = 1,0$$

Оберти за формулою (1.30):

$$n_p = \frac{1000 \cdot 30,47}{3,14 \cdot 50,67} = 191,51 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата вибираємо $n_{\text{ст}} = 160 \text{ об/хв}$

Розраховуємо фактичну швидкість різання за формулою (1.31):

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 50,67 \cdot 160}{1000} = 25,46 \text{ м/хв}$$

1.7 Технічне нормування операцій

Операція 010

Технічне нормування фрезерування

Основний час розраховується за формулою:

$$t_{\text{осн}} = \frac{B + l_1}{S_M} \quad (1.39)$$

$$t_{\text{осн}} = \frac{52 + 16}{112} = 0,61 \text{ хв}$$

де $l_1 = 16$ мм- величина врізання та перебігу [4, с. 448, карта 68]

Допоміжний час за формулою:

$$t_{\text{в}} = t_{\frac{\text{уст}}{\text{сн}}} + t_{\text{пер}} \quad (1.40)$$

$$t_{\text{в}} = 3,8 + 0,28 = 4,08 \text{ хв}$$

де $t_{\text{уст/сн}} = 3,8$ мин- час на встановлення та зняття деталі [4, с. 431, карта 60]

$t_{\text{пер}} = 0,28$ мин- Час, пов'язаний із переходом [4, с. 440, карта 64]

Час на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби складає 6% від оперативного та визначається за формулою:

$$t_{\text{обс}} = \frac{(t_{\text{очн}} + t_{\text{в}}) \cdot 6}{100} \quad (1.41)$$

$$t_{\text{обс}} = \frac{(0,61 + 4,08) \cdot 6}{100} = 0,25 \text{ хв}$$

Норма штучного часу:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{очн}} + t_{\text{в}} + t_{\text{обс}} \quad (1.42)$$

$$t_{\text{шт}} = 0,61 + 4,08 + 0,25 = 4,94 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час:

$$t_{\text{п-з}} = 14 + 2 = 16 \text{ мин}$$

$t_{\text{п-з} 1} = 14 \text{ мин- час на налагодження верстата}$

$t_{\text{п-з} 2} = 2 \text{ мин- час на встановлення двох фрез}$

Норма штучно-калькуляційного часу за формулою:

$$t_{\text{ш-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{п-з}}}{n} \quad (1.43)$$

$$t_{\text{ш-к}} = 4,94 + \frac{16}{500} = 4,97 \text{ хв}$$

де $n = 500$ штук- обсяг партії деталей, що запускаються у виробництво

Технічне нормування свердління

Основний час розраховується за формулою (1.39):

$$t_{\text{очн}} = \frac{7,95}{1125 \cdot 0,04} = 0,18 \text{ хв}$$

$L_{рез} = 6,2$ мм- Довжина різання

$L_{врез} = 1,75$ мм- Довжина врізання та перебігу

$L_{р.х.} = 7,95$ мм- Довжина робочого ходу

Допоміжний час за формулою (1.40):

$$t_b = 0,14 + 0,11 = 0,25 \text{ хв}$$

де $t_{уст/сн} = 0,14$ хв- час на встановлення та зняття деталі [4, с. 290, карта 44]

$t_{пер} = 0,11$ хв- Час, пов'язаний із переходом [4, с. 295, карта 46]

Час на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби 5,5% від оперативного за формулою (1.41):

$$t_{обс} = \frac{(0,18 + 0,25) \cdot 5,5}{100} = 0,015 \text{ хв}$$

Норма штучного часу за формулою (1.42):

$$t_{шт} = 0,18 + 0,25 + 0,015 = 0,445 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час:

$$t_{п-з} = 3 + 1 = 4 \text{ хв}$$

де $t_{п-з 1} = 3$ хв

$t_{п-з 2} = 1$ хв

Норма штучно-калькуляційного часу за формулою (1.43):

$$t_{\text{ш-к}} = 0,445 + \frac{4}{500} = 0,453 \text{ хв}$$

Загальний штучно-калькуляційний час на операцію:

$$t_{\text{ш-к}} = 4,97 + 0,445 = 5,415 \text{ хв}$$

Операція 015

Основний час розраховується за формулою (1.39):

$$L_{\text{рез}} = 264,35 \text{ мм}$$

$$L_{\text{врез}} = 3 \text{ мм}$$

$$L_{\text{р.х.}} = 264,35 + 3 = 267,35 \text{ мм-}$$

Довжина робочого ходу при чистовому та чорновому точінні за формулою (1.39):

$$t_{\text{осн}}^{\text{черн}} = \frac{267,35}{200 \cdot 0,35} = 3,82 \text{ хв}$$

$$t_{\text{осн}}^{\text{чист}} = \frac{267,35}{315 \cdot 0,12} = 7,07 \text{ хв}$$

Загальний основний час за формулою :

$$t_{\text{осн}} = 3,82 + 7,07 = 10,89 \text{ хв}$$

Допоміжний час за формулою (1.40):

$$t_B = 0,35 + 0,12 + 0,6 + 0,03 = 1,1 \text{ хв}$$

де $t_{уст/сн} = 0,35 \text{ хв}$ - [4, с. 140, карта 52]

$$t_{упр} = 0,12 \text{ хв}$$

$$t_{н.к.} = 0,03 \text{ хв}$$

$$t_{с.р.} = 0,03 \text{ хв}$$

$$i = 2$$

$$t_{б.п/о} = 0,6 \text{ хв}$$

$$t_{см.коп.} = 0,03 \text{ хв}$$

Час на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби 10% від оперативного за формулою (1.41):

$$t_{обс} = \frac{(10,89 + 1,1) \cdot 10}{100} = 1,2 \text{ хв}$$

Норма штучного часу за формулою (1.42):

$$t_{шт} = 10,89 + 1,1 + 1,2 = 13,19 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час:

$$t_{п-з} = 22 \text{ хв}$$

Норма штучно-калькуляційного часу за формулою (1.43):

$$t_{шт-к} = 13,19 + \frac{22}{500} = 13,23 \text{ хв}$$

Операція 020

Основний час розраховується за формулою (1.39):

$$L_{p.x.} = 179,65 + 3 = 182,65 \text{ хв-}$$

Довжина робочого ходу при чистовому та чорновому точінні за формулою (1.39):

$$t_{\text{осн}}^{\text{черн}} = \frac{182,65}{200 \cdot 0,35} = 2,61 \text{ хв}$$

$$t_{\text{осн}}^{\text{чист}} = \frac{182,65}{315 \cdot 0,12} = 4,83 \text{ хв}$$

Загальний основний час за формулою :

$$t_{\text{осн}} = 2,61 + 4,83 = 7,44 \text{ хв}$$

Допоміжний час за формулою (1.40):

$$t_{\text{в}} = 0,35 + 0,12 + 0,6 + 0,03 = 1,1 \text{ хв}$$

де $t_{\text{уст/сн}} = 0,35 \text{ хв}$ [4, с. 140, карта 52];

$$t_{\text{упр}} = 0,12 \text{ хв};$$

$$t_{\text{н.к.}} = 0,03 \text{ хв};$$

$$t_{\text{с.р.}} = 0,03 \text{ хв};$$

$$i = 2 ;$$

$$t_{\text{б.п/о}} = 0,6 \text{ хв};$$

$$t_{\text{см.коп.}} = 0,03 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби 10% від оперативного за формулою (1.41):

$$t_{\text{обс}} = \frac{(7,44 + 1,1) \cdot 10}{100} = 0,85 \text{ хв}$$

Норма штучного часу за формулою (1.42):

$$t_{\text{шт}} = 7,44 + 1,1 + 0,85 = 9,39 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час:

$$t_{\text{п-з}} = 22 \text{ хв [5, с. 216, табл. 6.3]}$$

Норма штучно-калькуляційного часу за формулою (1.43):

$$t_{\text{шт-к}} = 9,39 + \frac{22}{500} = 9,43 \text{ хв}$$

Загальний штучно-калькуляційний час на операцію за формулою (1.43):

$$t_{\text{шт-к}} = 9,43 + 2,299 = 11,729 \text{ хв}$$

1.8 Розробка операції на високопродуктивних верстатах з ЧПК, з використанням NX CAM

В даному розділі було запропановано вдосканалити технологічний процес виготовлення деталі «Вал складнопрофільний» шляхом заміни копіювального верстата на верстат з ЧПК.

Обираємо СТХ alpha 500 який замінить декілька операцій, що й підвищить виробничість.

Верстат СТХ alpha 500 призначений для виконання комплексної (токарної та фрезерної) 2-х, 3-х, 4-х та 5-ї осьової обробки деталей малих та середніх розмірів в автоматичному або напівавтоматичному режимі.

Нова серія верстатів СТХ 5.покоління відрізняється покращеними технічними характеристиками, такими як потужність, момент, що крутить, і точність. Також збільшено розміри робочої зони, підвищено універсальність та ергономічність.

Технічні характеристики :

Робоча зона:

- Макс. діаметр деталі, що встановлюється: 500 мм
- Макс. діаметр точення: 200 (240 мм)
- Макс. довжина заготовлі при обробці в центрах (оброблювана): 500 мм
- Макс. довжина заготовки за наявності протишпинделя (оброблювана): 470

мм

- Макс. діаметр затискного патрона: 225 мм

Головний шпиндель:

- Макс. частота обертання шпинделя: 6000 об/хв
- Потужність (тривалість включення 100 %): 13 кВт (АС)
- Крутний момент (тривалість включення 100%): 172 Нм
- Діаметр шпинделя у передньому підшипнику: 100 мм
- Макс. внутрішній діаметр затискної втулки: 66 мм

Протишпиндель (опція):

- Макс. частота обертання шпинделя: 6000 об/хв
- Потужність (тривалість включення 100 %): 12 кВт (АС)
- Крутний момент (тривалість включення 100%): 172 Нм
- Діаметр шпинделя у передньому підшипнику: 90 мм

Револьверна головка (стандартне виконання):

- Кріплення інструменту з VDI/DIN 69880: 12
- Кількість приводних інструментів/макс. частота обертання: 12/5000 об/хв
- Потужність (тривалість включення 100%): 3 кВт (АС)
- Крутний момент (тривалість включення 100%): 13 Нм
- Супорт револьверної головки
- Прискорений хід осей X/Y/Z: 30/22,5/30 м/хв.

На рис. 1.12 показаний операційний ескіз.

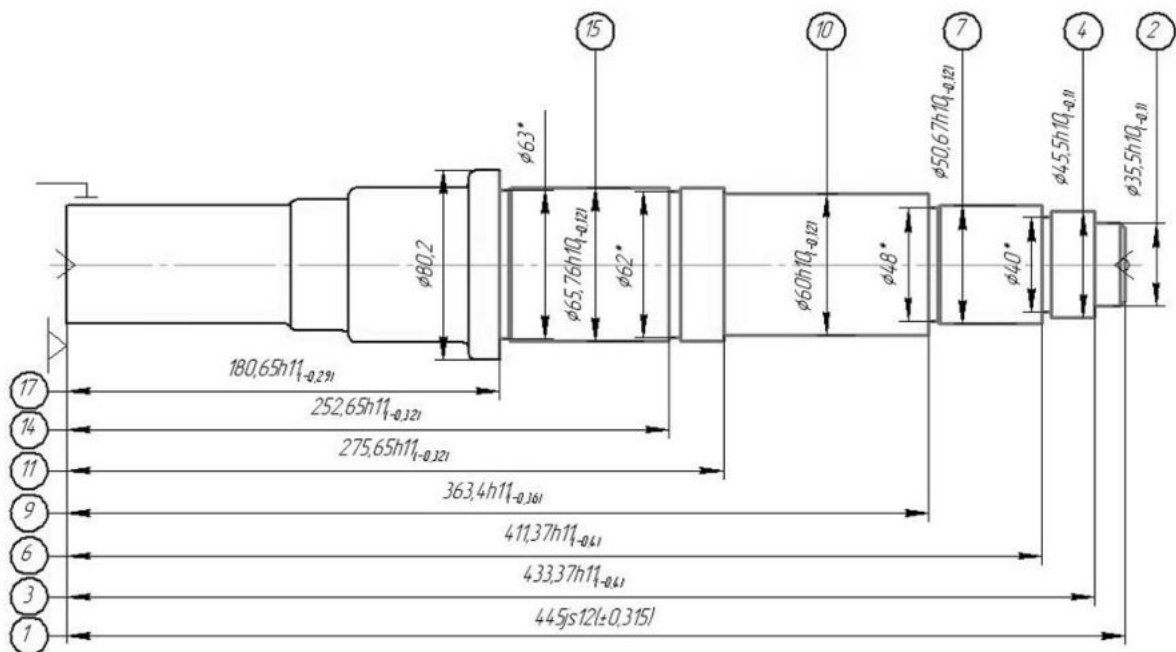


Рисунок 1.12- Операційний ескіз

Попередньо створюємо 3D модель (рис. 1.13), що відповідає деталі і відповідно заготовці на операції, що розробляється.

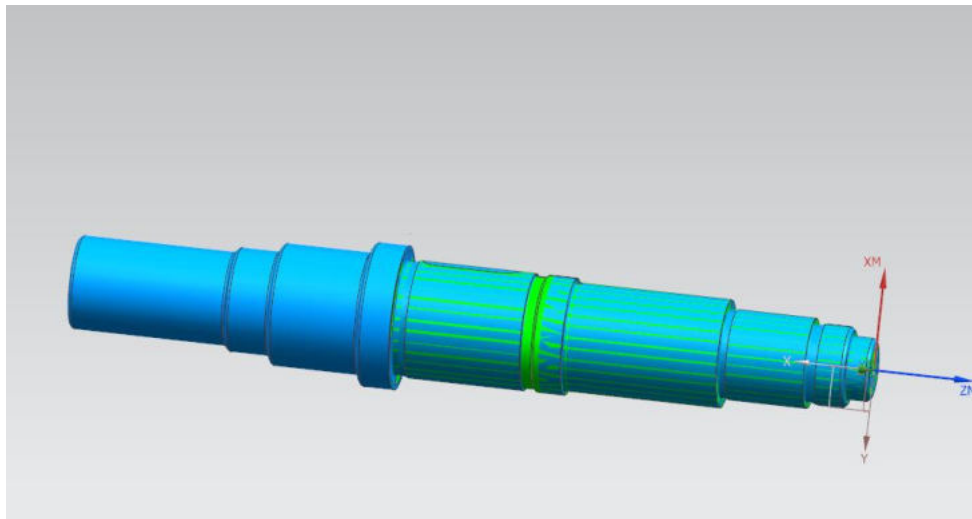


Рисунок 1.13 – 3D-модель деталі на операції

В геометричному об'єкті MSC_SPINDLE, задаємо систему координат деталі (рис. 1.14).

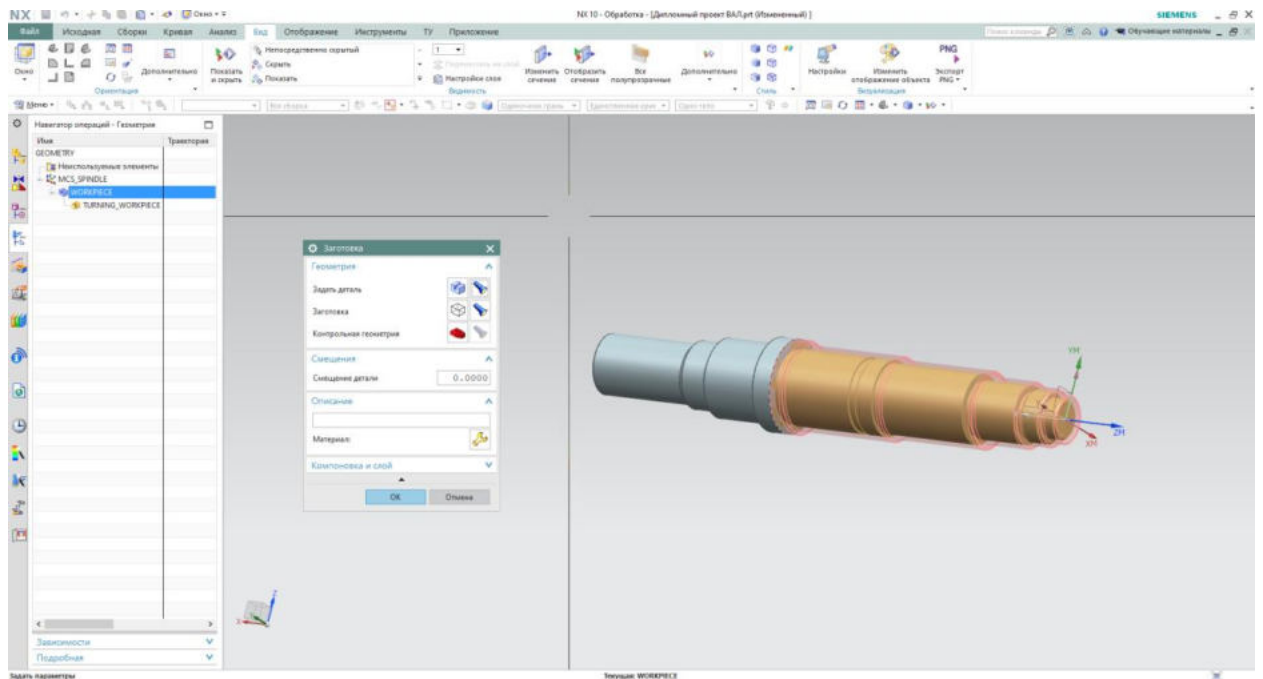


Рисунок 1.14- Завдання системи координат

Створення інструменту по переходах див. на рис. 1.15-1.16.

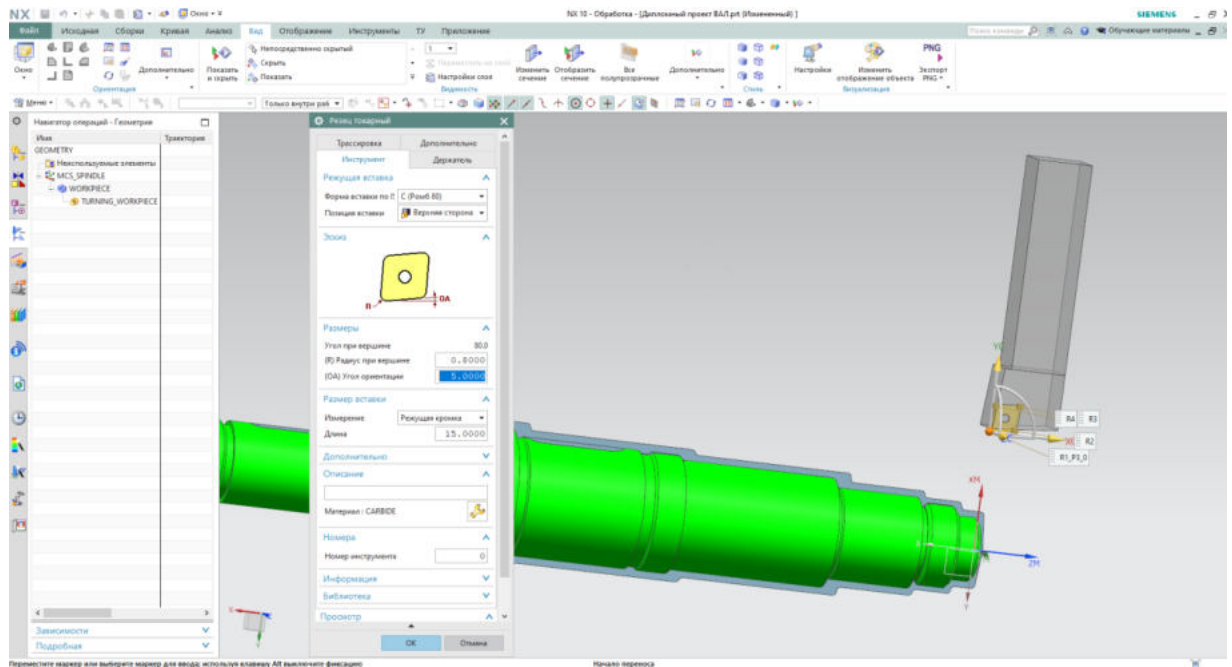


Рисунок 1.16- Створення інструменту для першого переходу

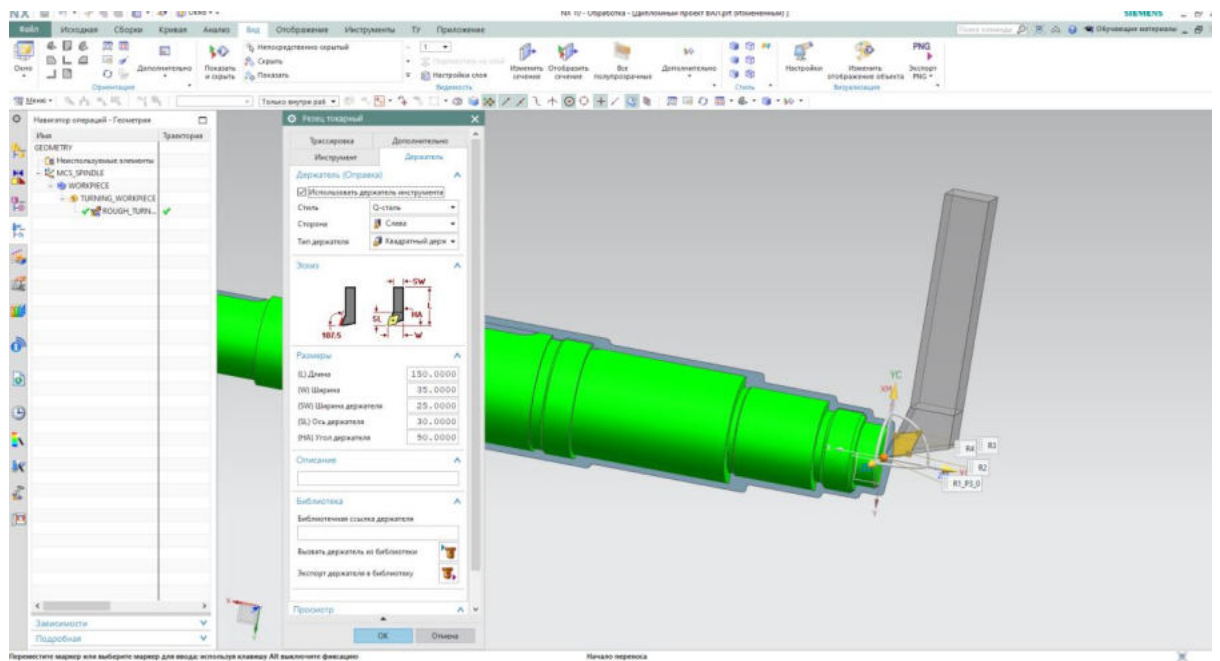


Рисунок 1.17- Створення інструменту для другого переходу

Траектория руху інструмента на переходах наведена на рис.1.18-1.19

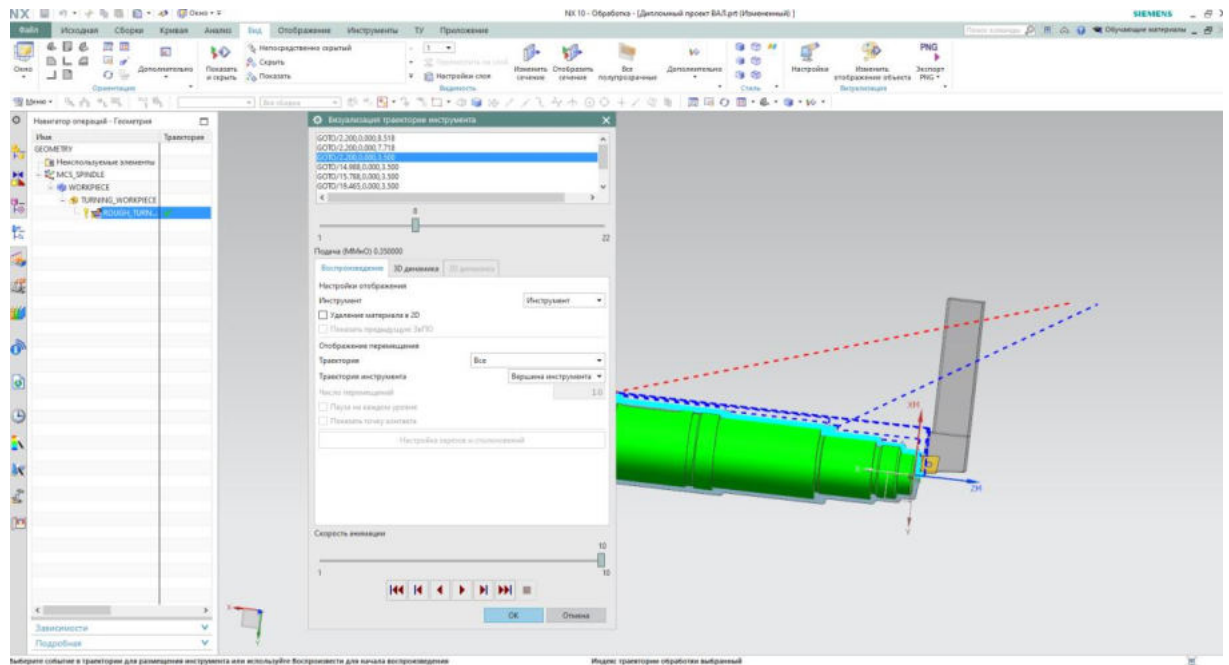


Рисунок 1.18- Траектория для первого перехода

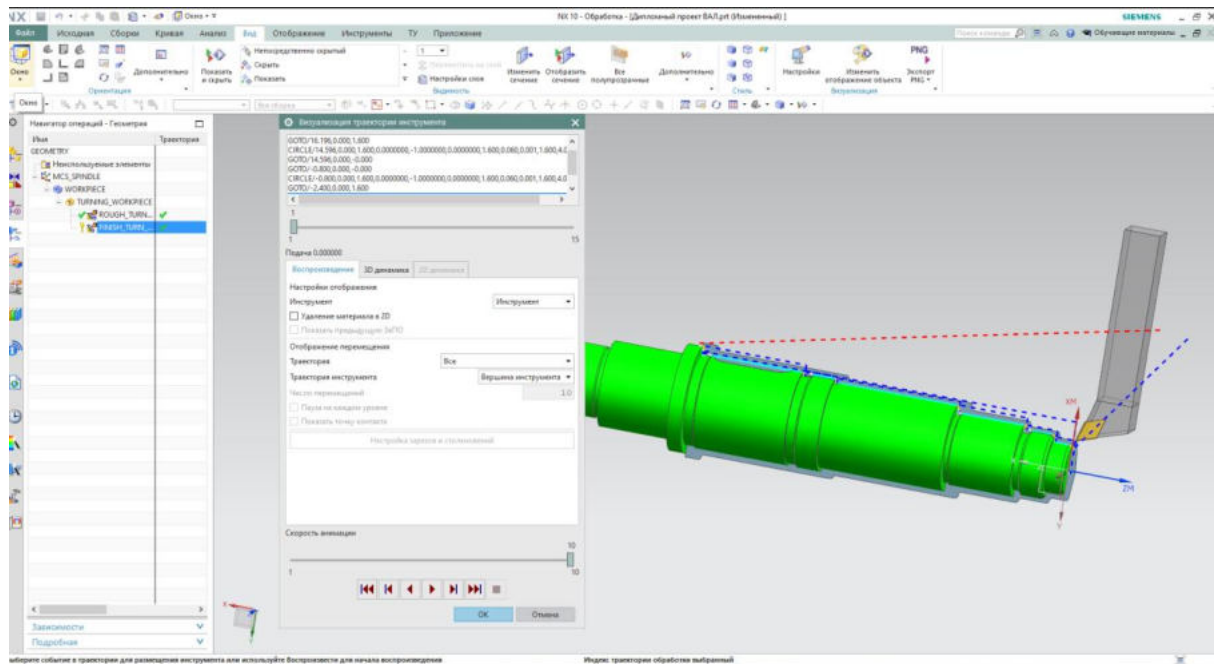


Рисунок 1.19- Траектория для второго перехода

Робимо візуалізацію створеної обробки по переходах (рис. 1.20-1.21).

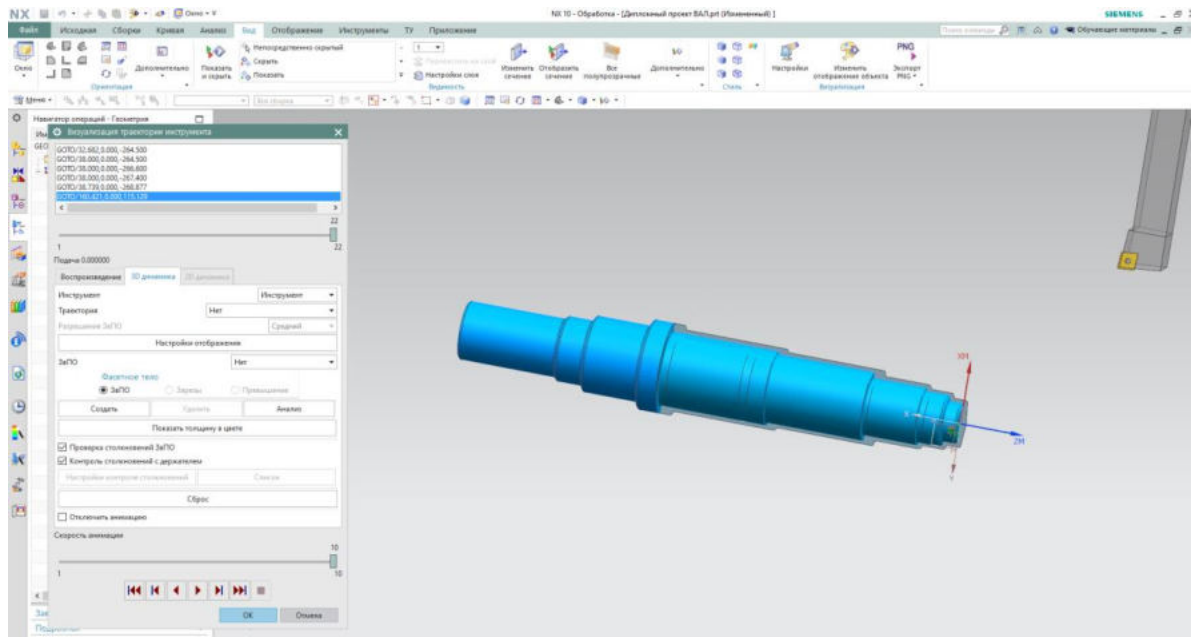


Рисунок 1.20- Візуалізація 1 переходу

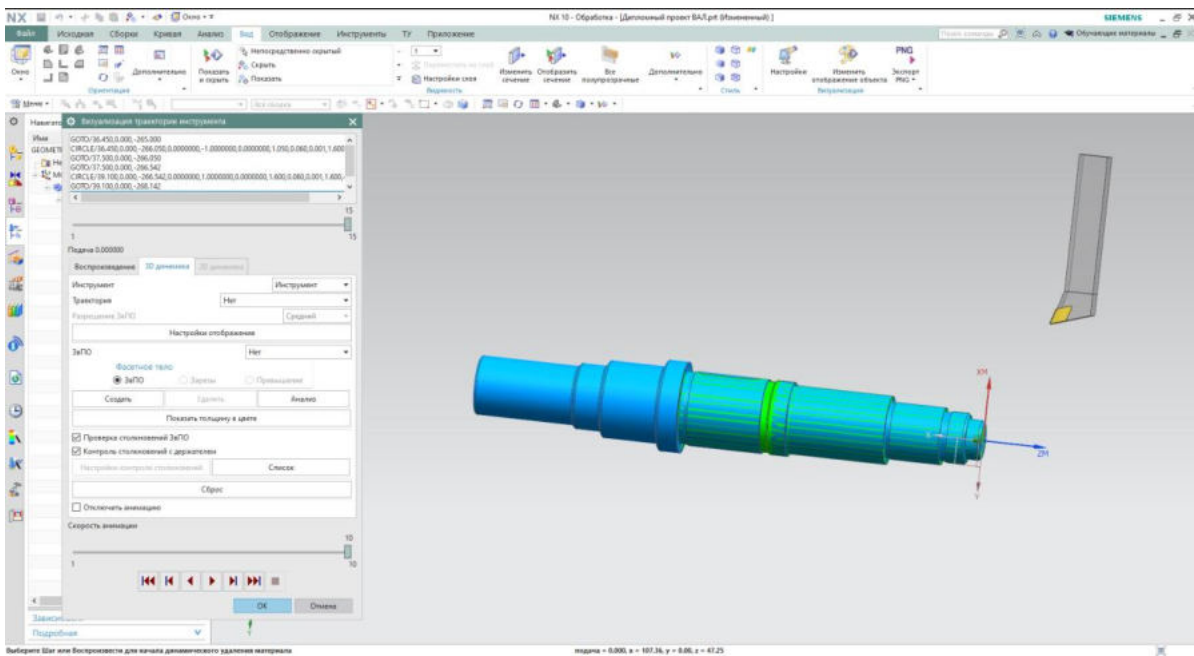


Рисунок 1.21- Візуалізація 2 переходу

Генеруємо керуючу програму по переходах (рис. 1.22-1.23).

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування верстатного пристрою

2.1.1 Опис конструкції верстатного пристрою

Інтенсифікація виробництва, у машинобудуванні нерозривно пов'язані з технічним переозброєнням і модернізацією засобів виробництва з урахуванням застосування нових досягнень науки і техніки. Технічне переозброєння, підготовка виробництва нових видів продукції машинобудування та модернізація засобів виробництва неминуче включають процеси проектування засобів технологічного обладнання та їх виготовлення.

У загальному обсязі засобів технологічного обладнання приблизно 50% складають верстатні пристрої. Застосування верстатних пристроїв дозволяє:

1. Надійно базувати та закріплювати оброблювану деталь із збереженням її жорсткості в процесі обробки.
2. Стабільно забезпечувати високу якість оброблених деталей за мінімальної залежності якості від кваліфікації робітника.
3. Підвищити продуктивність та полегшити умови роботи робітника внаслідок механізації пристроїв.
4. Розширити технологічні можливості устаткування, що використовується.

Залежно від виду виробництва технічний рівень та структура верстатних пристроїв різні. Для масового та багатосерійного виробництва в більшості випадків застосовують спеціальні верстатні пристрої. Спеціальні верстатні пристрої мають цільове призначення для виконання певних операцій механічної обробки конкретної деталі. Ці пристрої найбільш трудомісткі та цінні при виконанні. В умовах одиничного та дрібносерійного виробництва широкого поширення набула система універсально-збірних пристроїв (УСП), яка

ґрунтується на використанні стандартних деталей та вузлів. Цей вид пристосувань більш мобільний щодо підготовки виробництва і не вимагає значних витрат.

Створення будь-якого виду верстатних пристроїв, які відповідають вимогам виробництва, неминуче пов'язане із застосуванням кваліфікованої роботи. Останнім часом у галузі проектування верстатних пристроїв досягнуто значних успіхів. Розроблені методики розрахунків точності обробки деталей у верстатних пристосуваннях, створені прецизійні патрони та оправлення, покращені затискні механізми та вдосконалено методику їх розрахунків, розроблені різні приводи з елементами, які підвищують їх експлуатаційну надійність.

Проектований пристрій призначений для фрезерування паза в деталях типу «вал».

Заготовка, що обробляється, встановлюється на призму. При подачі повітря в без штокову порожнину поршень гідроциліндра штовхає шпильку, яка в свою чергу тисне на шток. Штовхач тисне на клин. Клин у свою чергу тисне на плунжери. Плунжери розсувають гвинти, які увінчані в коромисло. Коромисло обертається на осі кронштейна, притискаючи заготовку до призми.

Після закінчення обробки повітря подається в штокову порожнину гідроциліндра. Поршень гідроциліндра тягне шпильку, яка своєю чергою тягне шток з клином. Клин відпускає коромисло, яке за допомогою пружин обертається на осі кронштейна і звільняє оброблювану деталь.

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність

Похибка базування розміру при встановленні деталі в призму:

$$7,5^{+0,2} ; \quad \varnothing 65_{+0,003}^{+0,016}$$

$$\varepsilon_{67,5} = \varepsilon_{6H3} = k_3 \cdot 1,21 \cdot 0,013 = 0,0157 \text{ мм}$$

Похибка закріплення при встановленні деталі в призму від чинної в напрямку розміру сили закріплення: $7,5^{+0,2}$

При установці по діаметру $\varnothing: 65_{+0,003}^{+0,016}$

$$\varepsilon_{\text{таб}} = 0,070 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{37,5} = 0,070 \cdot 0,7071 = 0,0495 \text{ мм}$$

Похибка встановлення за формулою:

$$\varepsilon_y = \varepsilon_6 + \varepsilon_3 \tag{2.1}$$

$$\varepsilon_y = 0,0157 + 0,0495 = 0,0652 \text{ мм}$$

Розглянемо базування за розміром 8 мм.

При базуванні по торцю налаштувальна база збігається з базою вимірювальною, тому похибка базування дорівнює 0: $\varepsilon_{68} = 0$

Оскільки сили закріплення перпендикулярні напрямку розміру 8 мм, похибка закріплення також дорівнює 0: $\varepsilon_{38} = 0$

Похибка установки за розміром 8 мм: $\varepsilon_y = 0$

Для подальших розрахунків використовуємо першу схему базування. $\varnothing 65^{+0,016}_{+0,003}$

Розрахунок пристосування на точність

Проведемо розрахунок фрезерного пристрою на точність, а саме розрахуємо виконавчі розміри кутового установа.

I. Розрахунок розміру горизонтальної полиці кутового установа

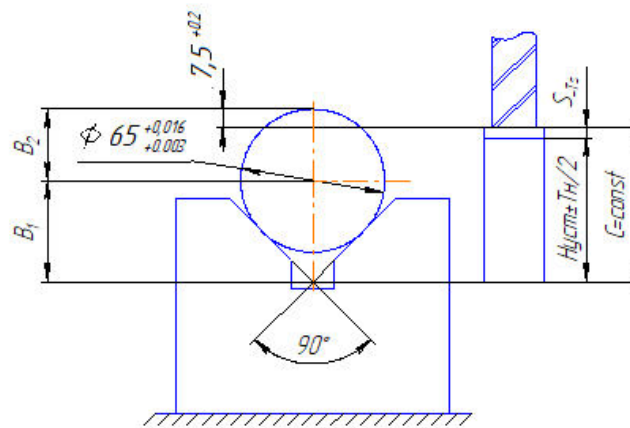


Рисунок 2.1 – Загальна схема розрахунку точність пристосування

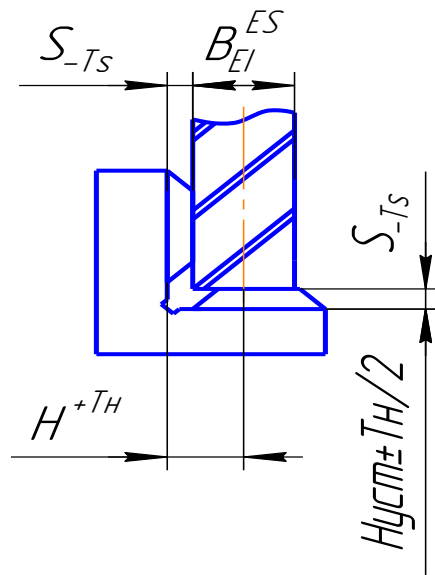


Рисунок 2.2 – Схема для розрахунку розміру установи, яка визначає положення інструменту щодо осі заготівлі

Відомо:

$$D = \varnothing 65^{+0,016}_{+0,003} \text{ мм}; A_3 = 7,5^{+0,2} \text{ мм}; S = 3-0,004 \text{ мм}; \alpha = 90^\circ$$

$$\varepsilon_{b_{7,5}} = 0,0157 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{z_{7,5}} = 0,070 \text{ } 0,7071 = 0,0495 \text{ мм}$$

$$\omega = 0,05 \text{ мм}; k_1 = 0,85; k_2 = 0,60$$

Розрахунок:

1. $A_{3cp} = 7,5 + 0,2/2 = 7,6 \text{ мм}$
2. $D_{cp} = 65,003 + 0,013/2 = 65,0095 \text{ мм}$
3. $R_{cp} = 65,0095/2 = 32,505 \text{ мм}$
4. $B_{1cp} = 32,505/\sin 45^\circ = 45,969 \text{ мм}$
5. $TB_{1cp} = 0,013/2\sin 45^\circ = 0,0092 \text{ мм}$
6. $B_{2cp} = A_{3cp} - R_{cp} = 7,6 - 32,505 = 24,905 \text{ мм}$
7. $TB_2 = TA_3 - TD/2 = 0,2 - 0,013/2 = 0,1935 \text{ мм}$
8. $S_{cp} = 3,0 - 0,004/2 = 2,998 \text{ мм}$

$$9. \quad H_{cp} = 45,969 + 24,905 - 2,998 = 67,876 \text{ мм}$$

$$10. \quad TH = 0,0092 + 0,1935 + 0,004 = 0,2067 \text{ мм}$$

Перевірка:

$$TH / 2 \leq (0,25 \dots 0,3) TA3$$

$$0,2067 \geq 0,05$$

– умова не виконується

$$11. \quad TH_{вуст} = 0,2 - (0,85 \cdot 0,0157 + 0,0495 + 0,6 \cdot 0,05) = 0,107 \text{ мм}$$

$$12. \quad TH_{вуст} = \pm 0,054 \rightarrow \text{приймаємо } \pm 0,05$$

$0,05 \leq 0,05$ – умова виконується

$$13. \quad H = 67,88 - 0,05 \text{ мм}$$

II. Розрахунок розміру вертикальної полиці кутового установа

$$\text{Ширина паза } B = 20^{+0,21}$$

$$1. \quad B_{cp}/2 = 20 + 0,21/2 = 10,005 \text{ мм}$$

$$2. \quad S_{cp} = 3 - 0,004/2 = 2,998 \text{ мм}$$

$$3. \quad H_{cp} = B_{cp}/2 + S_{cp} = 10,005 + 2,998 = 13,003 \text{ мм}$$

$$4. \quad TH = TTT - k_2 \cdot \omega$$

$$TTT = 0,21 \text{ мм}; k_2 = 0,6; \omega = 0,05 \text{ мм}$$

$$TH = 0,21 - 0,6 \cdot 0,05 = 0,18 \text{ мм} = \pm 0,09 \text{ мм}$$

Приймаємо $TH = \pm 0,05$

Перевірка:

$$TH \leq (0,25 \dots 0,3) TD$$

$$0,05 \leq 0,0525$$

– умова виконується

$$5. \quad H = 13 + 0,05 \text{ мм}$$

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Розрахунок необхідних сил затиску в пристроях

Розраховуємо силу затиску за методикою для паза шпонки, встановленого в призму за формулою :

$$W = \frac{1,2 \cdot P_z \cdot \left(R - \frac{h}{2} \right) \sin(\alpha/2)}{fR} \quad (2.2)$$

де $R = 32,5$ мм;

$h = 7,5$ мм;

$f = 0,16$.

$$W = \frac{1,2 \cdot 1488,06 \cdot \left(32,5 - \frac{7,5}{2} \right) \cdot 0,7071}{0,16 \cdot 32,5} = 6981 \text{ Н}$$

Для забезпечення надійності затиску силу затиску збільшують за допомогою коефіцієнта запасу k , який визначається в залежності від умов обробки. За допомогою цього коефіцієнта враховується зміна умов у процесі обробки: прогресуюче затуплення інструменту та пов'язане з ним збільшення сил різання, нерівномірність припусків, неоднорідність властивостей оброблюваного матеріалу, зміна умов встановлення заготовок за формулою:

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (2.3)$$

де k_0 - гарантований коефіцієнт запасу – 1,5;

k_1 – коефіцієнт, враховує коливання сил різання у процесі обробки через нерівномірності припуску на заготівлі – 1,0;

k_2 – коефіцієнт, що враховує вид обробки, матеріал обробки та нерівномірність зносу ріжучого інструменту – 1,7;

k_3 - коефіцієнт, що враховує переривчастість різання – 1,2;

k_4 - коефіцієнт, що враховує мінливість сил затиску, що розвиваються приводами – 1,0;

k_5 – коефіцієнт, враховує зручність розташування рукояток, лише ручних затискачів – 1,0;

k_6 – коефіцієнт невизначеності становища місць контакту – 1,0.

$$k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,7 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 3,06$$

Дійсна сила затиску за формулою :

$$W_d = k \cdot W \quad (2.4)$$

$$W_d = 3,06 \cdot 6981 = 21361,86 \text{ Н}$$

Розрахунок клино-важільного механізму представлено на рис. 2.3.

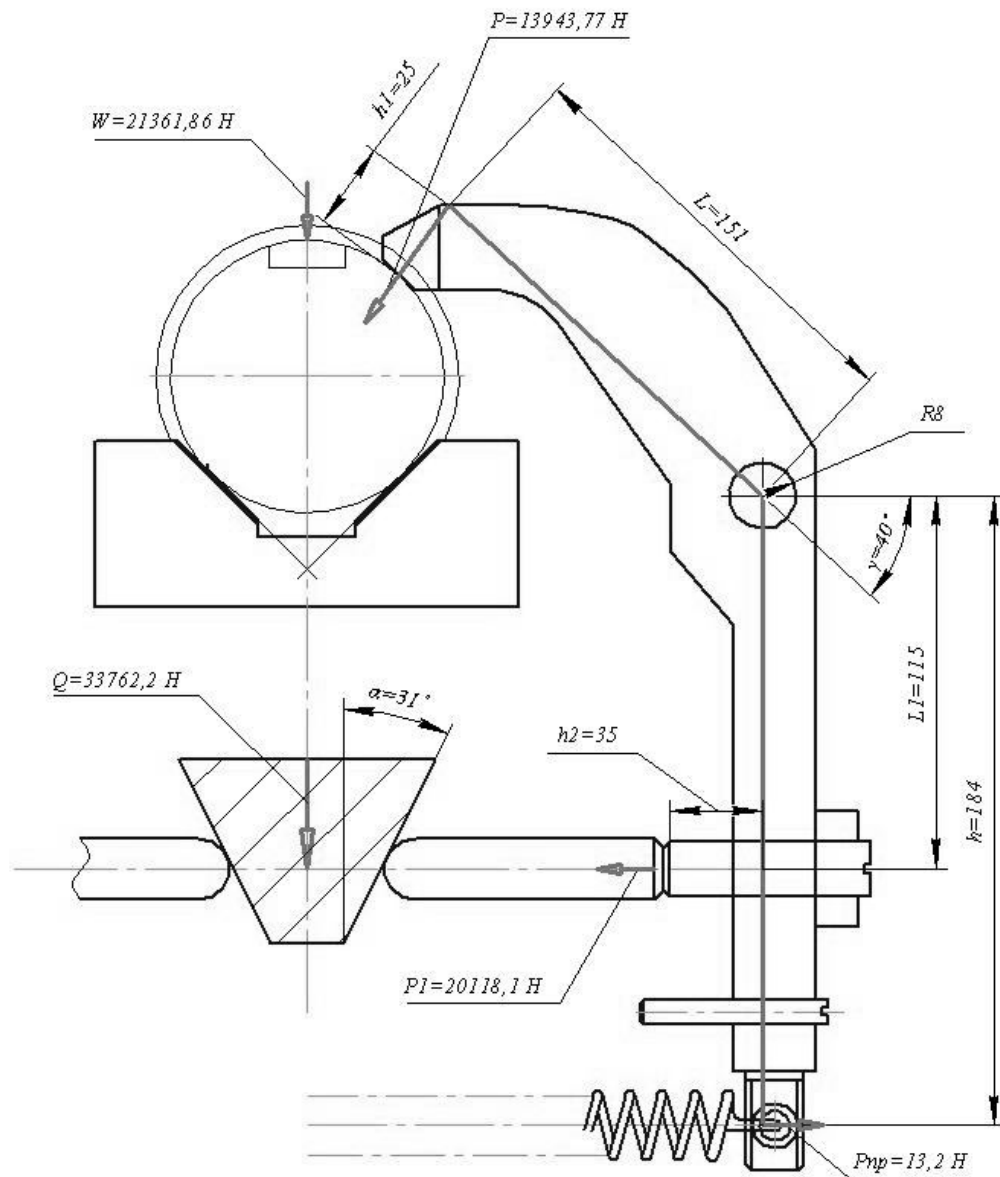


Рисунок 2.3 – Схема для розрахунку сили на плунжері

Чинна сила затиску $W_d = 21361,86$ Н. Коефіцієнт тертя $f = 0,16$.

Розміри складових частин механізму:

$L = 151$ мм; $h_1 = 25$ мм

$L_1 = 115$ мм; $h = 184$ мм.

$h_2 = 35$ мм; $R = 8$ мм

Кут нахилу $\gamma = 40^\circ$

Кут клину $\alpha = 31^\circ$

Кут тертя поверхні клину $\varphi = 9^\circ$

Маса важеля $m = 22,5 \text{ Н}$

Проводимо розрахунок за формулою:

$$P = \frac{W}{2 \cos(\gamma)} \quad (2.5)$$

$$P = \frac{21361,86}{2 \cdot 0,766} = 13943,77 \text{ Н}$$

Сила пружини за формулою:

$$P_{\text{пр}} = 1,2 (a \cdot m \cdot f) \quad (2.6)$$

$$P_{\text{пр}} = 1,2 \cdot 3 \cdot 22,5 \cdot 0,16 = 12,96 \text{ Н}$$

Вибираємо пружину №182, сила якої $P_{\text{пр}} = 13,2 \text{ Н}$.

Сила затиску на плунжері за формулою:

$$P_1 = \frac{P(L + fh_1 + fR \sin(\gamma)) + P_{\text{пр}}h - fP_{\text{пр}}R}{L_1 - fh_2 - fR} \quad (2.7)$$

$$P_1 = \frac{13943,77 \cdot (151 + 0,16 \cdot 25 + 0,16 \cdot 8 \cdot \sin 40^\circ) + 13,2 \cdot 184 - 0,16 \cdot 13,2 \cdot 8}{115 - 0,16 \cdot 35 - 0,16 \cdot 8} = 20118,1 \text{ Н}$$

Зусилля на штоку Q , необхідне перетворення двостороннім клином в силу на плунжерах P_1 описує рівняння:

$$Q = 2P_1 \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi) \quad (2.8)$$

$$Q = 2 \cdot 20118,1 \cdot \text{tg} 40^\circ = 33762,2 \text{ Н}$$

Вибір приводу затискного пристрою

Виходячи із досить великого значення сили на штоку $Q = 33762,2$ Н, привід має бути гідравлічним.

Діаметр гідроциліндра за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \mu}} \quad (2.9)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 33762,2}{3,14 \cdot 7 \cdot 0,9}} = 82,62 \text{ мм}$$

де p – тиск рідини у гідросистемі – 7МПа;

η - ККД втрати на тертя – 0,9.

Внутрішній діаметр різьблення на штоку за формулою:

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot \alpha \cdot Q}{\pi \cdot [\sigma_p]}} \quad (2.10)$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 33762,2}{3,14 \cdot 155}} = 25 \text{ мм}$$

Внутрішній діаметр болтів не потрібно розраховувати, т.к. у гідроциліндрах вони не використовуються.

Визначення ходу поршня:

S_1 – конструктивний зазор – 21 мм;

S_2 – гарантований зазор – 4 мм.

$$\delta = \frac{0,013}{2} = 0,0065$$

Максимальна сила, що діє на вісь важеля за формулою:

$$P2 = P1 - P_{пр} + P \sin\gamma \quad (2.11)$$

$$P2 = 20118,1 - 13,2 + 13943,77 \sin 40^\circ = 29067,78 \text{ Н}$$

J – жорсткість системи – 2000 Н/м

$$\Delta = P2 / J \quad (2.12)$$

$$\Delta = 29067,78 / 2000 = 14,53 \approx 15 \text{ мм}$$

$$x = S1 + S2 + \delta + \Delta \quad (2.13)$$

$$x = 21 + 4 + 0,013 + 15 = 40 \text{ мм}$$

Тоді довжина ходу поршня за формулою:

$$H = \frac{x \cdot h}{L \cdot \operatorname{tg} \alpha} \quad (2.14)$$

$$H = \frac{40 \cdot 184}{151 \cdot \operatorname{tg} 31^\circ} = 81,12 \text{ мм}$$

За отриманими результатами оберемо гідроциліндр: гідроциліндр 7021-0189 ГОСТ 19899-74

Параметри:

D – діаметр циліндра – 80 мм;

M24 – різьблення на штоку;

H – довжина ходу поршня – 80 мм

M16x1,5 – різьблення штуцера гідроприводу

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Контрольний пристрій призначений для контролю радіального биття в деталях типу «вал» (рис. 2.4).

Пристосування являє собою плиту із встановленими на ній призмами, в які встановлюється деталь. Вимірювання биття проводиться індикаторним годинником, який кріпиться на штанзі. Штанга розташована збоку від деталі та прикріплена до корпусу пристосування трьома стяжними болтами. Вона також має можливість повороту навколо осі на 360 градусів. А також є можливість перезакріплення штанги з індикаторним годинником на необхідний діаметр. Дані особливості пристрою дозволяють легко здійснювати його переналагодження.

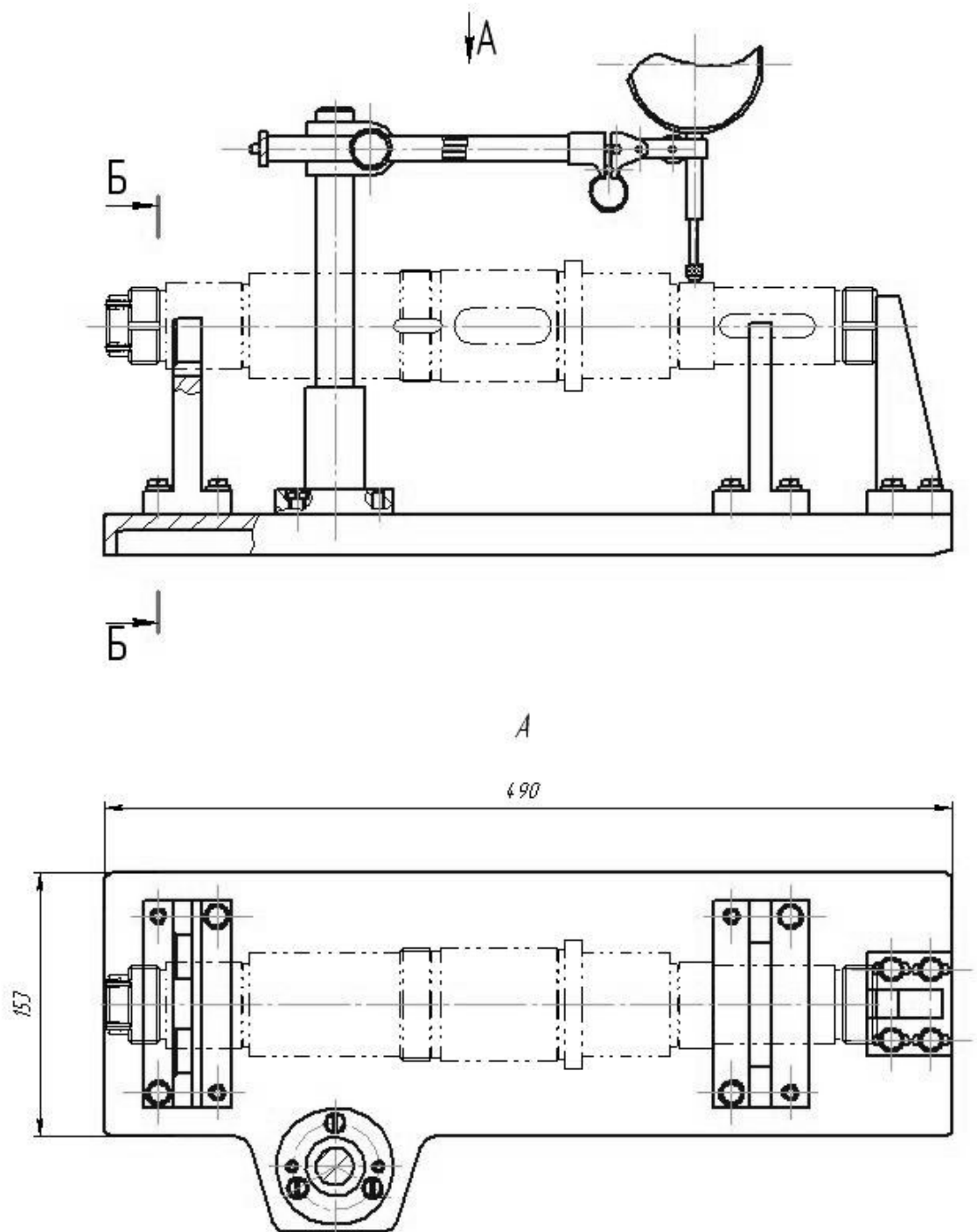


Рисунок 2.4 – Пристосування для контролю радіального биття у деталях типу «вал»

2.3 Розрахунок на міцність деталі

Запас міцності враховує розкид механічних властивостей матеріалів, призначених для відповідних деталей, залежить від ступеня відповідальності конструкції та умов її експлуатації.

Розбивка на сітку, матеріал сталь (рис. 2.5).

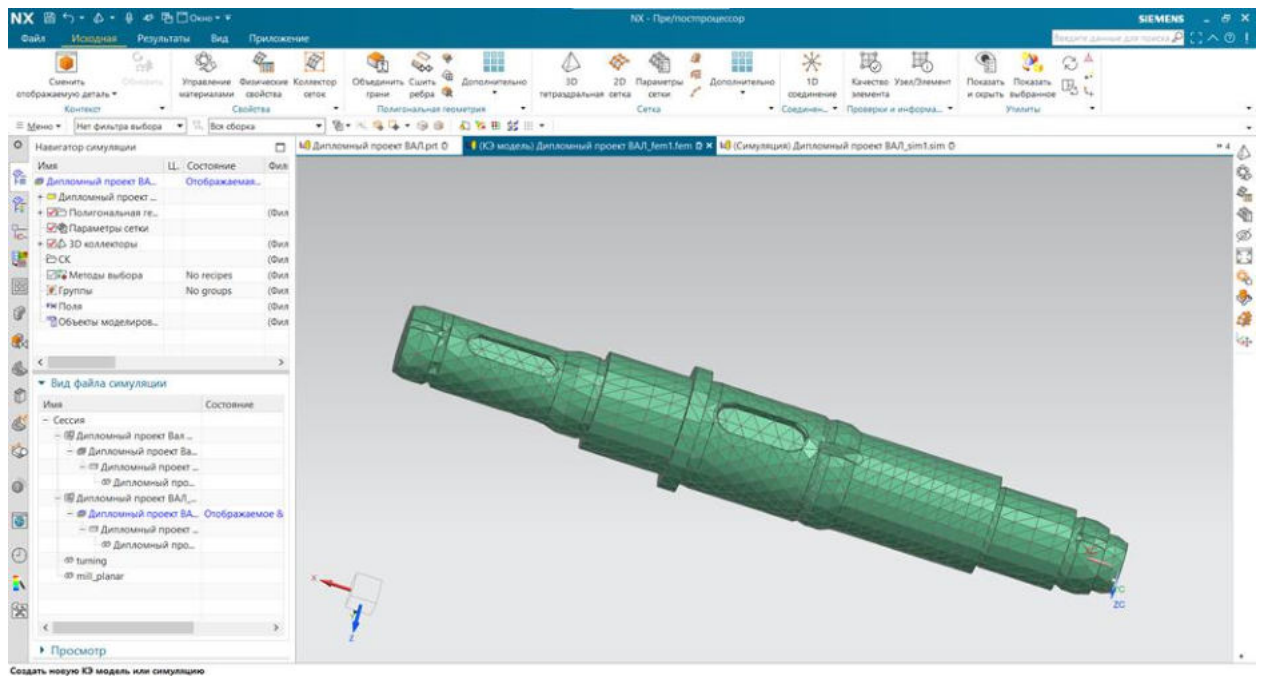


Рисунок 2.5 – Розбивка на сітку

Тип сполучення заділу наведено на рис. 2.6.

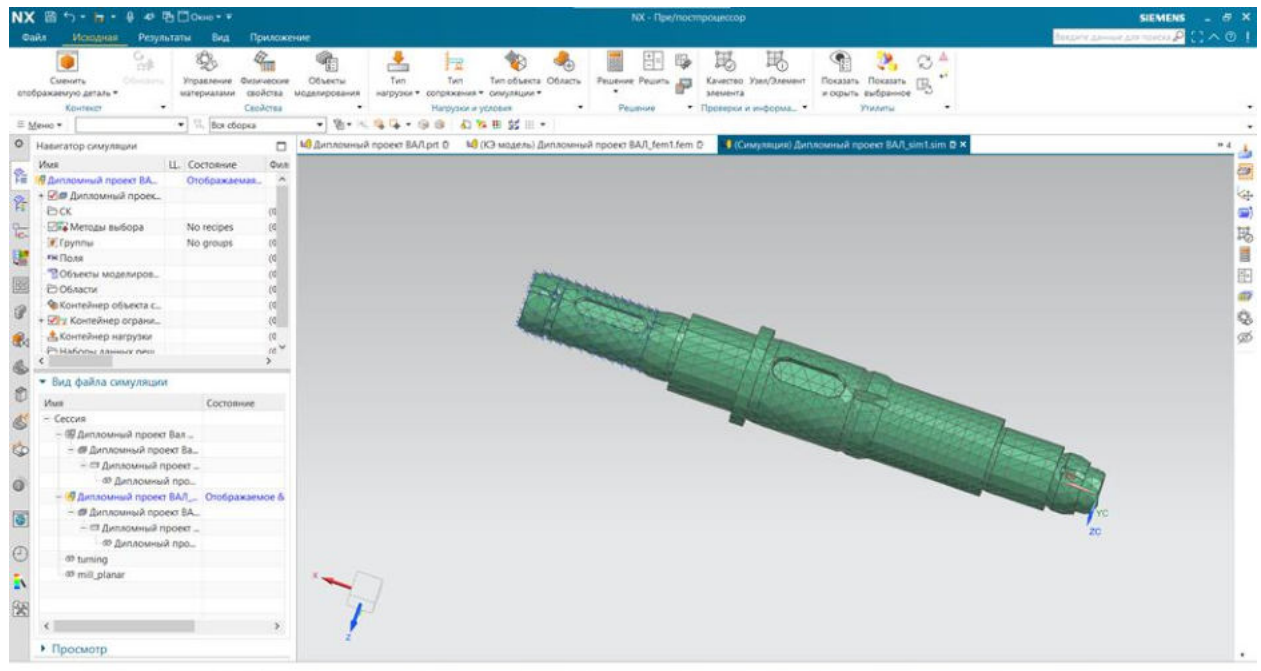


Рисунок 2.6 - Заділ

Тип навантаження - сила 100N на цю частину представлено на рис. 2.7.

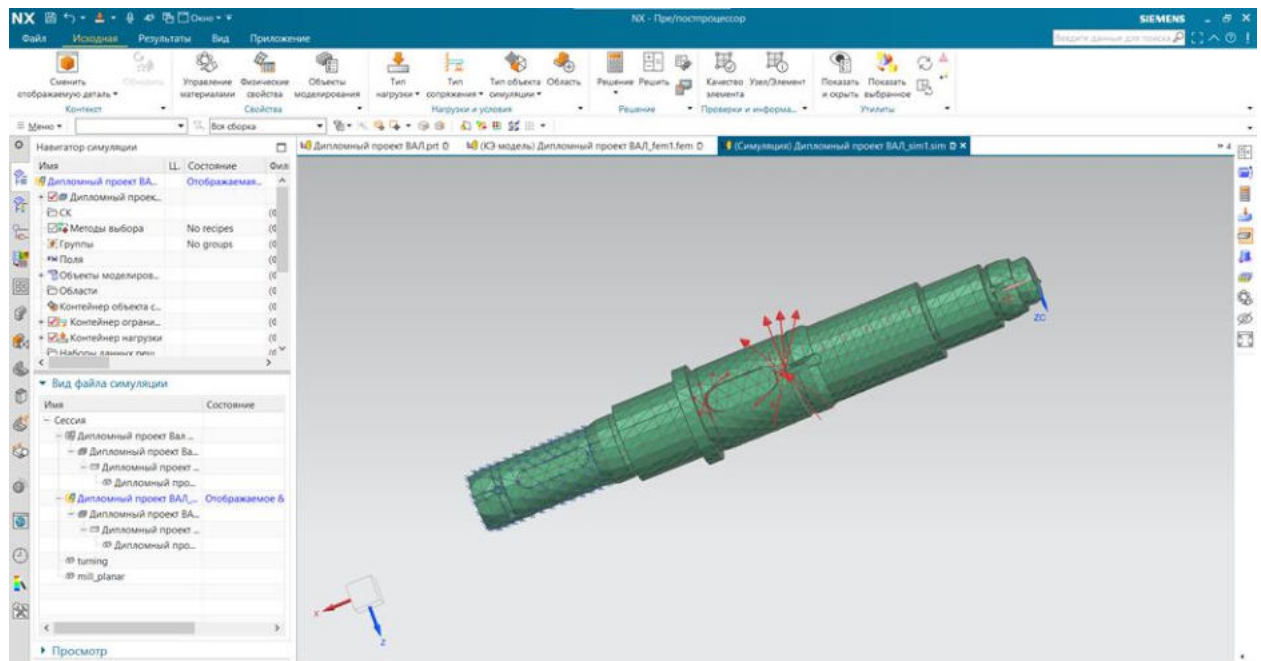


Рисунок 2.7 – Навантаження

Рішення наведе на рис. 2.8.

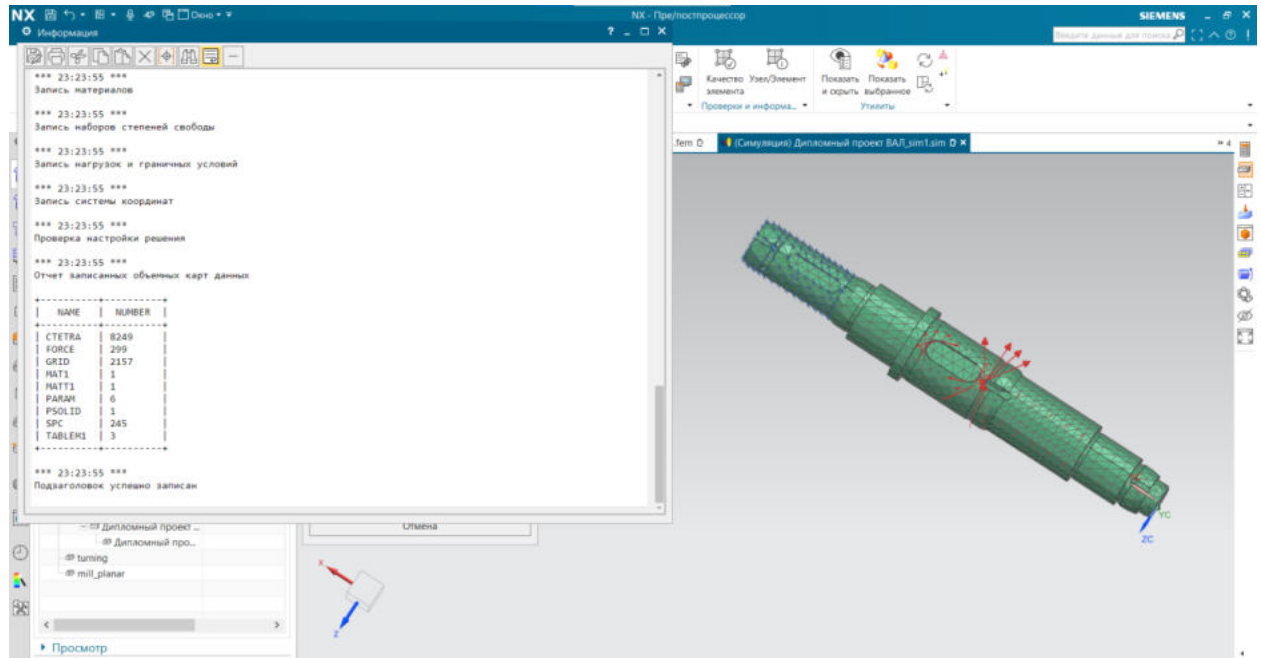


Рисунок 2.8 – Рішення

Результат представлено на рис. 2.9

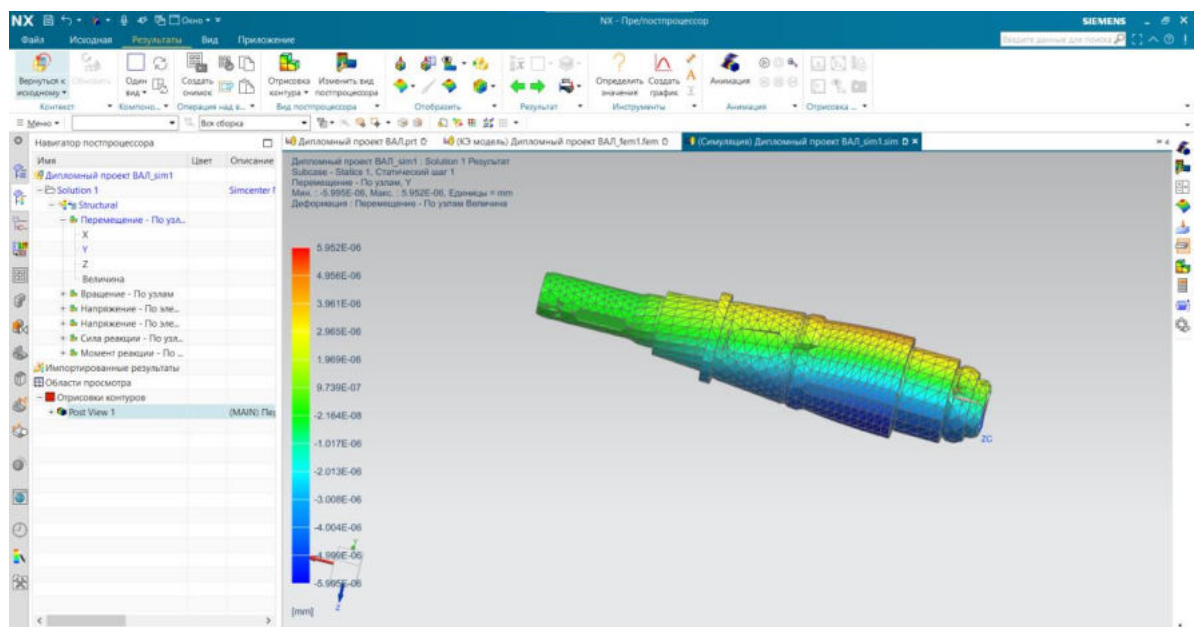


Рисунок 2.9 - Результат

3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

Вихідні дані наведені в таблиці 3.1

Річна програма випуску N=25000

Таблиця 3.1 – Технологічний маршрут обробки деталі «вал»

Номер операції	найменування операції	Модель верстата	tшт, хв	tсн, мін	tв, хв
010	Фрезерно-центрувальна	MP-71M	5,39	0,79	4,33
015	Токарна	1712	15,47	11,95	2,11
020	Токарна	1712	11,65	8,46	2,11
025	Свердлильна	2Н118	0,38	0,11	0,25
030	Фрезерна	6550	6,28	1,87	4,14
035	Фрезерна	6550	4,14	0,52	3,44
040	Різьбофрезерна	5Б63	5,4	4,16	0,8
045	Різьбофрезерна	5Б63	2,7	2,08	0,4
050	Слюсарна	СВ	1,22	-	1,14
055	Мийна	ММ	0,34	0,3	0,3
060	Контрольна	КС	-	-	-
065	Т/о - нормалізація		-	-	-
070	Шліфувальна	ЗБ153Т	3,42	1,15	2,16
075	Шліфувальна	ЗБ153Т	1,58	0,39	1,08
080	Мийна	ММ	0,34	0,3	0,3
085	Контрольна	КС	-	-	-

1) Попередньо, орієнтуючись на задану програму випуску, вибираємо тип виробництва – великосерійне із змінно-поточною формою організації роботи.

2) Розраховуємо річну станкоємність за кожною операцією ТП:

$$T = \sum t_{um} \cdot N \quad (3.1)$$

Результати заносимо до таблиці 3.2.

Розраховуємо кількість верстатів для кожної операції за формулою:

$$S_p = \frac{\sum t_{um} \cdot N}{F_o \cdot m \cdot 60} \quad (3.2)$$

де $F_o = 4015$ годин – річний фонд роботи технологічного обладнання в одну зміну;

m – кількість робочих змін, $m = 1$.

Результати заносимо до таблиці 3.2.

Коефіцієнт завантаження верстата за формулою:

$$K_{з010} = \frac{S_{p010}}{S_{n010}} \quad (3.3)$$

Результати заносимо до таблиці 3.2

Середній коефіцієнт завантаження за формулою:

$$\overline{K_3} = \frac{\sum S_p}{\sum S_n} \quad (3.4)$$

3) Підраховуємо кількість деталей-операцій, які виконуються на технологічній лінії обробки валу:

$$O = 11 \text{ деталей-операцій}$$

Підраховуємо кількість робочих місць на лінії:

$$M = 13$$

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операцій за формулою:

$$K_{30} = \frac{O}{M} \quad (3.5)$$

$$K_{30} = \frac{11}{13} = 0,85$$

Висновок: $K_{30} = 0,85$ Отже, приймаємо тип виробництва - великосерійне, форма організації ТП на лінії обробки валів - змінно-поточкова (прямоточна). Але технологічна лінія недозавантажена.

Таблиця 3.2 - Вихідні дані та результати розрахунків

Вихідні дані		Номер операції, і												
		010	015	020	025	030	035	040	045	050	070	075	080	
Річна програма випуску, шт.		Модель верстата												
		MP-71M	1712	1712	2Н118	6550	6550	5Б63	5Б63	СВ	3Б153Т	3Б153Т	ММ	
25000		Штучно-калькуляційний час, хв.												
		5,42	15,55	11,73	0,39	6,43	2,52	5,1	2,6	1,32	3,45	1,61	0,44	
Результати розрахунків		$T = \sum t_{um} \cdot N$	135500	388750	293250	9750	160750	63000	127500	65000	33000	86250	40250	11000
	S_{pi}	0,56	1,61	1,22	0,04	0,67	0,26	0,53	0,49	0,27	0,36	0,17	0,05	
	S_{ni}	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	K_{zi}	0,56	0,81	0,61	0,04	0,67	0,26	0,53	0,49	0,27	0,36	0,17	0,05	

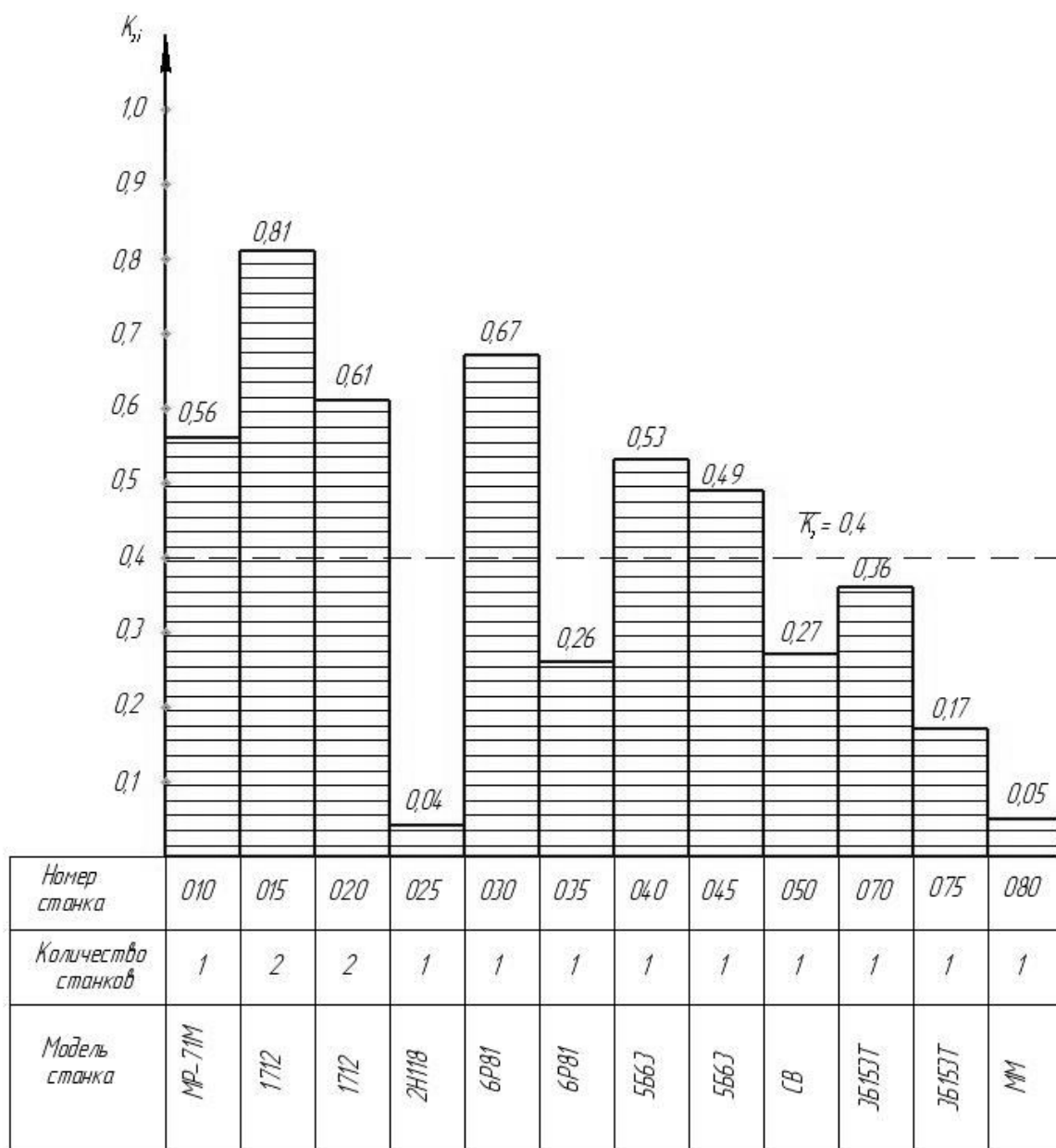


Рисунок 3.1 – Графік завантаження верстатів поточної лінії обробки деталі

Розрахунок чисельності основних робочих

- 1) Виходячи з програми випуску, приймаємо, що на ділянці обробки валу великосерійне змінно-потоккове виробництво з використанням на кожній операції верстатів автоматів та напівавтоматів.

- 2) Розраховуємо такт випуску за формулою:

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

$$t_{u-k} = \frac{60 \cdot 4015 \cdot 1}{25000} = 9,64 \text{ хв/шт}$$

- 3) Розраховуємо змінний обсяг випуску за формулою:

$$q_{зм} = \frac{f_{см}}{t_{u-k}} \quad (3.2)$$

$$q_{зм} = \frac{492}{9,64} = 51 \text{ шт/зміну}$$

де $f_{см} = 492$ хв – тривалість робочої зміни

- 4) Розраховуємо необхідну кількість верстатів для виконання кожної операції та коефіцієнт завантаження верстатів:

- 5)

$$S_{P11} = \frac{15,55}{9,64} = 1,61 \Rightarrow S_{n11} = 2 \quad K_{s11} = 0,81$$

$$S_{P12} = \frac{11,73}{9,64} = 1,22 \Rightarrow S_{n12} = 2 \quad K_{s12} = 0,61$$

$$S_{P21} = \frac{6,43}{9,64} = 0,67 \Rightarrow S_{n21} = 1 \quad K_{s21} = 0,67$$

$$S_{P22} = \frac{2,52}{9,64} = 0,26 \Rightarrow S_{n22} = 1 \quad K_{s22} = 0,26$$

$$S_{P31} = \frac{5,1}{9,64} = 0,53 \Rightarrow S_{n11} = 1 \quad K_{s11} = 0,53$$

$$S_{P32} = \frac{2,6}{9,64} = 0,49 \Rightarrow S_{n12} = 1 \quad K_{s12} = 0,49$$

$$S_{P41} = \frac{3,45}{9,64} = 0,36 \Rightarrow S_{n21} = 1 \quad K_{s21} = 0,36$$

$$S_{P42} = \frac{1,61}{9,64} = 0,17 \Rightarrow S_{n22} = 1 \quad K_{s22} = 0,17$$

б) Попередньо приймаємо рішення про зони обслуговування – робочі місця біля токарних верстатів для виконання операцій 015 та 020 приймаємо як першу зону обслуговування, робочі місця для фрезерних верстатів для виконання операцій 030 та 035 приймаємо як другу зону обслуговування. Робочі місця біля різьбофрезерних верстатів для виконання операцій 040 та 045 приймаємо як третю зону обслуговування, робочі місця для шліфувальних верстатів для виконання операцій 070 та 075 приймаємо як четверту зону обслуговування.

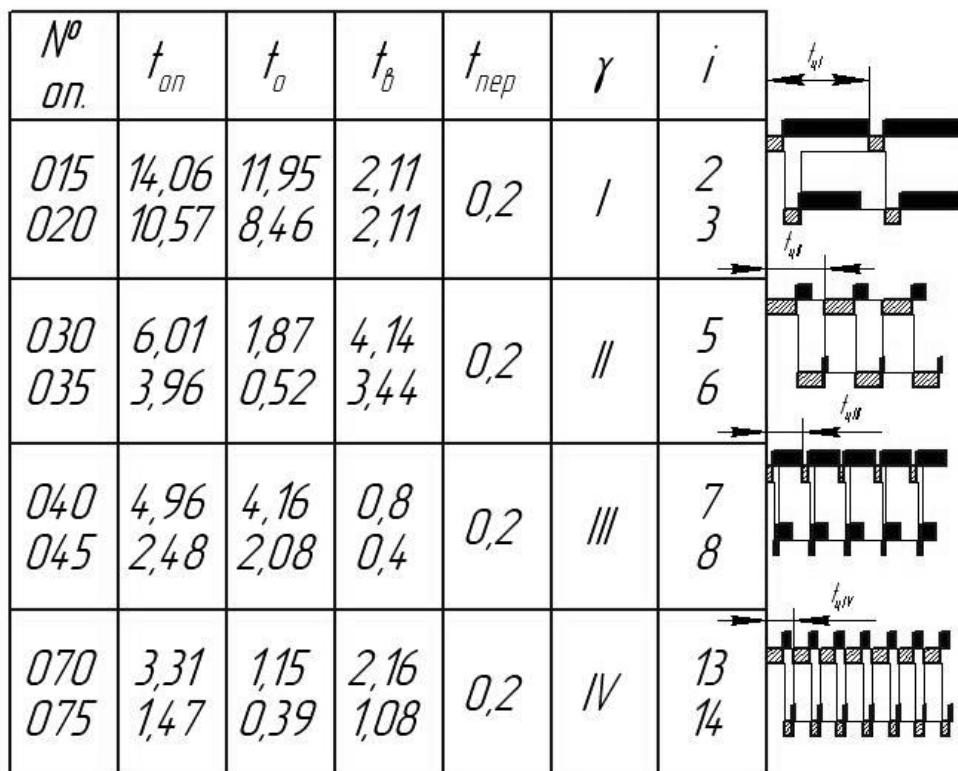


Рисунок 3.2 – Циклограма багатостанкового обслуговування

7) Розраховуємо кількість верстатів, які може обслуговувати один робітник, орієнтуючись на операцію з максимальною тривалістю згідно формулі:

$$m_{sl} = \frac{t_{on1}}{t_{e1} + t_{nep1}} \quad (3.3)$$

$$m_{sII} = \frac{6,01}{4,14 + 0,2} = 1,38 \Rightarrow 2 \text{ верстати} \quad m_{sI} = \frac{14,06}{2,11 + 0,2} = 6,09 \Rightarrow 7 \text{ верстати}$$

$$m_{sIV} = \frac{3,31}{2,16 + 0,2} = 1,4 \Rightarrow 2 \text{ верстати} \quad m_{sIII} = \frac{4,96}{0,8 + 0,2} = 4,96 \Rightarrow 5 \text{ верстатів}$$

Робочі:

- фрезерувальники – 3
- токарі – 2
- свердлувальники – 1
- шліфувальники – 1
- слюсарі – 1
- контролери – 1
-

8) Верстатомісткість зони обслуговування визначається як сума верстатоемностей операцій, що виконуються в зоні за формулою :

$$t_{uml} = t_{um1} + t_{um2} \quad (3.4)$$

$$t_{umII} = 6,43 + 2,52 = 8,95 \text{ хв}$$

$$t_{umI} = 15,55 + 11,73 = 27,28 \text{ хв}$$

$$t_{umIII} = 5,1 + 2,6 = 7,7 \text{ хв}$$

$$t_{umIV} = 3,45 + 1,61 = 5,06 \text{ хв}$$

9) Трудомісткість обробки в зоні обслуговування за формулою:

$$t_I = \frac{f_{3M} \cdot R_I}{q_{3M}} \quad (3.5)$$

$$t_I = \frac{492 \cdot 2}{51} = 19,29 \text{ хх}$$

$$t_{II} = \frac{492 \cdot 1}{51} = 9,65 \text{ хх}$$

$$t_{III} = \frac{492 \cdot 1}{51} = 9,65 \text{ хх}$$

$$t_{IV} = \frac{492 \cdot 1}{51} = 9,65 \text{ хх}$$

10) Коефіцієнт багатостатного обслуговування за формулою:

$$K_{\bar{o}.I} = \frac{t_{umI}}{t_I} \quad (3.6)$$

$$K_{\bar{o}.I} = \frac{27,28}{19,29} = 1,41$$

$$K_{\bar{o}.III} = \frac{7,7}{9,65} = 0,8$$

$$K_{\bar{o}.II} = \frac{8,95}{9,65} = 0,93$$

$$K_{\bar{o}.IV} = \frac{t_{umIV}}{t_{IV}} = \frac{5,06}{9,65} = 0,52$$

Розрахунки зведено до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Результати розрахунків

Номер операції i	Кількість верстатів		Коеф. завантаж. Ks	Норма обслуг. ms	№ зони обсл. γ	Число робочих у зоні Rγ	Верстатомісткість тшт	Трудомісткість зони τγ	Коеф. м/с обсл. ti
	Sp	Sn							
015	1,61	2	0,81	2 I	2	27,28	19,29	1,41	
020	1,22	2	0,61						
030	0,67	1	0,67	2 II	1	8,95	9,65	0,93	
035	0,26	1	0,26						
040	0,53	1	0,53	2 III	1	7,7	9,65	0,8	
045	0,49	1	0,49						
070	0,36	1	0,36	2 IV	1	5,06	9,65	0,52	
075	0,17	1	0,17						

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Для підвищення продуктивності технологічного процесу виготовлення деталі «Вал складнопрофільний» дуже важливу роль відіграє заміна старого пристосування на нове прогресивне. Тому в даному розділі розрахуємо економічну ефективність від впровадження гідроприводу на пристосуванні для фрезерної обробки.

Пристосування вважається рентабельним, якщо річна економія, отримана від його застосування, більше ніж пов'язані з ним річні витрати.

Собівартість S_a використання нового (модернізованого) пристосування розраховують за формулою:

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

Собівартість використання S_b при використанні старого пристрою розраховують за формулою:

$$S_b = Z_b \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right) + \frac{S_b}{\Pi} \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right) \quad (4.2)$$

де Z_a , Z_b - заробітна плата робітника за одну деталь відповідно для нового та старого пристосування, грн;

H - цехові накладні витрати у % до заробітної плати; $H=200\%$

S_a , S_b - витрати на виготовлення відповідно нового та старого пристосувань, грн;

$S_a=17300$ грн; $S_b=14200$ грн

Π - річна програма випуску деталей, $\Pi=25000$ шт;

A - строк амортизації пристосування в роках, $A=3$ роки;

q - витрати, пов'язані з експлуатацією пристосувань (ремонт, регулювання, зберігання) =20 % від їх вартості:

$$q_a = 17300 \cdot 0,2 = 3460 \text{ грн}$$

$$q_b = 14200 \cdot 0,2 = 2840 \text{ грн}$$

Для підрахування заробітної плати робітника використовуємо формулу:

$$Z = t_{\text{шт}} \cdot Z_{\text{хв}} \quad (4.3)$$

де $t_{\text{шт}}$ - штучно-калькуляційний час:

$$t_{\text{шт}a} = 4,09 \text{ хв}$$

$$t_{\text{шт}b} = 6,15 \text{ хв}$$

$Z_{\text{хв}}$ - хвилинна ставка робітника, =2,2 грн /хв

$$Z_a = 4,09 \cdot 2,2 = 8,99 \text{ грн}$$

$$Z_b = 6,15 \cdot 2,2 = 13,53 \text{ грн}$$

Визначимо собівартість C_a використання нового (модернізованого) пристосування за формулою (4.1):

$$C_a = 8,99 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{17300}{25000} \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{3460}{100}\right) = 128,8 \text{ грн}$$

Визначимо собівартість використання C_b при використанні старого пристрою за формулою (4.2):

$$C_b = 13,53 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{14200}{25000} \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{2840}{100}\right) = 143,9 \text{ грн}$$

Собівартість залежить в основному від річної програми випуску деталей. Програма випуску $П_k$ - програма при якій обидва порівнюваних варіанти пристосувань економічно рівноцінні.

$$П_k = \frac{(S_a - S_b) \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right)}{(Z_b - Z_a) \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right)} \quad (4.4)$$

$$П_k = \frac{(17300 - 14200) \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{3460}{100}\right)}{(13,53 - 8,99) \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right)} = 7950 \text{ шт}$$

Т.я. задана річна програма $П > П_k$ та собівартість використання нового пристосування дешевше старого, то більш вигідно застосовувати більш складне пристосування.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

При холодній обробці металів на людину діє цілий комплекс небезпечних і шкідливих виробничих факторів .

Перелік можливих небезпечних і шкідливих виробничих факторів при роботі на різних металообробних верстатах приведений в таблицях 5.1 і 5.2.

До небезпечних фізичних факторів відносяться:

- частини верстатів,
- вироби і заготовки, що рухаються і обертаються;
- різальний інструмент;
- стружка і осколки інструментів;
- нагріті поверхні обладнання, інструменту, заготовок;
- висока напруга в силовій електричній мережі т статична електрика;
- підйомно–транспортні пристрої і переміщувані вантажі .

Таблиця 5.1 – Найбільш характерні небезпечні виробничі фактори в механічних цехах

Характеристика безпеки	Тип станку				
	Токарський	Свердлильний	Розточувальний	Шліфувальний	Фрезерний
Частини, що рухаються і обертаються	+	+	+	+	+
Деталь	+			+	
Стружка	+	+	+		+
Різальний інструмент		+	+	+	+
Електричний струм	+	+	+	+	+
Нагріті поверхні	+	+		+	+
Гострі кромки	+	+			
Займання	+	+	+	+	+

Шкідливими фізичними факторами є:

- висока вологість і швидкість руху повітря робочої зони, підвищена або знижена температура;
- нетоксичний пил;
- підвищені рівні шуму і вібрації;
- підвищений вміст пилу в повітрі робочої зони;
- недостатня освітленість, підвищена яскравість світла і пульсація світлового потоку.

Таблиця 5.2 – Найбільш характерні шкідливі виробничі фактори в механічних цехах

Характеристика шкідливості	Тип станка				
	Токарський	Свердильний	Розточувальний	Шліфувальний	Фрезерний
Шум	+	+	+	+	+
Вібрація	+	+		+	+
Інфразвук	+				
Ультразвук				+	+
Шкідливі речовини	+			+	+
Психофізіологічні фактори	+				+

ВИСНОВКИ

У ході написання дипломного проекту розроблено та оформлено документацію на технологічний процес виготовлення Валу складнопрофільного.

Вибрано та обґрунтовано спосіб отримання заготовки та маршрут виготовлення валу. Розраховані припуски на механічну обробку та підібрані оптимальні режими різання та норми часу.

Виконано проектування та розрахунок робочого пристосування. Внесено істотні зміни в конструкцію існуючого пристрою спрямовані на механізацію та автоматизацію пристроїв, які знижують витрати часу.

Визначені сили і засоби, які залучаються для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт.

Економічно обґрунтовано ухвалені рішення. Для підвищення продуктивності технологічного процесу виготовлення деталі «Вал складнопрофільний» дуже важливу роль відіграє заміна старого обладнання на нове прогресивне. Тому було запропановано впровадження гідроприводу для пристосування фрезерування пазів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки до практичних занять з технології машинобудування для всіх форм навчання/Укл. В.Д. Хорошков, О.В. Алексєєнко, Д.В. Павленко - Запоріжжя, ЗДТУ, 1999р. - 78 с.
2. Довідник технолога – машинобудівника. У 2-х т. Т – 1 під ред Косилової. - М.: Машинобудування, 1985. - 496 с., Іл.
3. Довідник технолога – машинобудівника. У 2-х т. Т - 2 за ред. Косилової. - М.: Машинобудування, 1985. - 496 с., Іл.
4. Довідник нормувальника – машинобудівника. У 4-х т. Т - 2 під ред Стружестраха. - М.: Машгіз, 1961. - 892 с., Іл.
5. Горбацевич О.Ф., Шкред В.А. Курсове проектування за технологією машинобудування: Навчальний посібник для ВНЗ. - 5-те видання, стереотипне. - М.: ТОВ ВД «Альянс», 2007. - 256 с.
6. Допуски та посадки. Довідник У 2-х ч./В.Д. М'яков, М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагінський. - 6-те вид., Перероб. та дод. - Л.: Машинобудування, Ленінгр. отд-ня, 1983. Ч. 2. - 448 с., іл.
7. В.А. Богуслаєв, В.А. Леховіцер, А.С. Смирнов. Верстатні пристрої: Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. - 2-ге вид. - Запоріжжя: ВАТ «Мотор Січ», 2004. - 461 с.
8. Верстатні пристрої: Довідник. У 2-х т. / Ред. порада: Б.М. Вардашкін (перед.) та інших. – М.: Машинобудування, 1984. – Т. 1/Под ред. Б.М. Вардашкіна, А.А. Шатілова, 1984. - 592 с., іл.
9. Руденко П.О. та ін. Проектування та виробництво заготовок у машинобудуванні: Навч. посібник/П.А. Руденко, Ю.О. Харламов, В.М. Плєскач. За заг. ред. В.М. Плєскача. - К.: Вища шк., 1991. - 247 с., Іл.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A4				Пояснительная записка		
A1				Сборочный чертёж		
				<u>Детали</u>		
		1		Корпус гидроцилиндра	1	
		2		Станина	1	
		3		Зажим	2	
		4		Клин	1	
		5		Щуп	2	
		6		Палец	2	
		7		Корпус пальца	2	
		8		Крепления	2	
		9		Призма	2	
		10		Прихват	2	
		11		Корпус	1	
		12		Болт зажимной	2	
		13		Шпилька	2	
		14		Пружина	1	
		15		Гайка пальца	2	
		16		Болт для крепления призмы	4	
		17		Центральное крепление	1	
НУЗП 292344.001						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Каляжный О.Г.			Лит.	Лист
Пров.		Кононов О.Г.				1
Н.контр.		Дядя С.И.			НУЗП	
Утв.		Дядя С.И.			Мз-110сп	
Пристосовання для фрезерування паза					Листов 2	

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

*Альбом
технологічної документації
деталь «Вал складнопрофільний»*

Виконав ст. групи Мз- 110сп

Калюжний О.Г.

Керівник

Кононов В.В.

Нормоконтроль, доцент

Дядя С.І.

2023

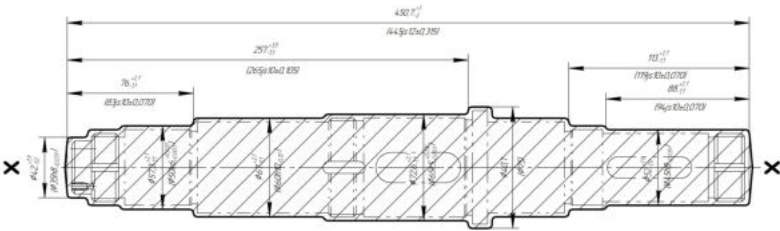
Дубль			
Изд.			
Подл.			

Гл.технолог
Нач. БПМ

Форма 170-162

Разраб.	Каложний О.Г.			НЧЗП	НЧЗП 715.514.001	Опер 005	НЧЗП 0214.123001	Листов	Лист
Провер.	Кананов В.В.								
Н.контр.				Вал складнопрофільний				Лит	

√ Rz 200



Технічні умови на заготовку

Матеріал найменування та марка	Заготовка			
	Код	Код та вид	профіль та розміри	
Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-71		Штамповка КГШП	75 x 445	
Технічні умови		Маркування	Твердість	Маса деталі
				8,5
Сортамент		Допустима кривизна		КВМ
		ρ _{св} =1 мм, ρ _{зкс} =1 мм		0,89
Розмір вихідного матеріала	Кол.дет. із заг.	Норма витрат		
		Розм. штамповки	Маса	
	1	80,2 x 450,7	9,48	

1. Клас точності виготовлення □ Т4, група сталі □ М2, ступінь складності - С1
2. Твердість 229..269 НВ
3. Невказані штамповальні ухили 5
4. Невказані радіуси заокруглення R2,5
5. Зміщення, що допускається, по площині різ'єму штампку не більше 1,2
6. Розміри без допусків витримувати до 2 мм

Карта заготовки

Дудл
Вадм
Падн

НУЗП 715.514.001

M-110.1014.1.00001

A	Цех	Уч	PM	Опер	Код наименование операции	Обозначение документа												
						CM	Проф	P	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тп.з	Тшт		
Б	Код наименование оборудования					Обозначение код												
К/М	Наименование детали сд. единицы или материала					Обозначение код												
A 01				085	0200 Контрольна	10TN ¹⁰												
Б 02	38	1800			Стол контролера	2	13063	522	1	1	1	1	20	0.3	30	5.32		
03																		
04																		
05																		
06																		
07																		
08																		
09																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		

Дудл			
Взам			
Підп.			

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

НУЗП 0114.123.001

1

1

Разрабд Каложний О.Г.

НУЗП

НУЗП 715.514.001

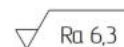
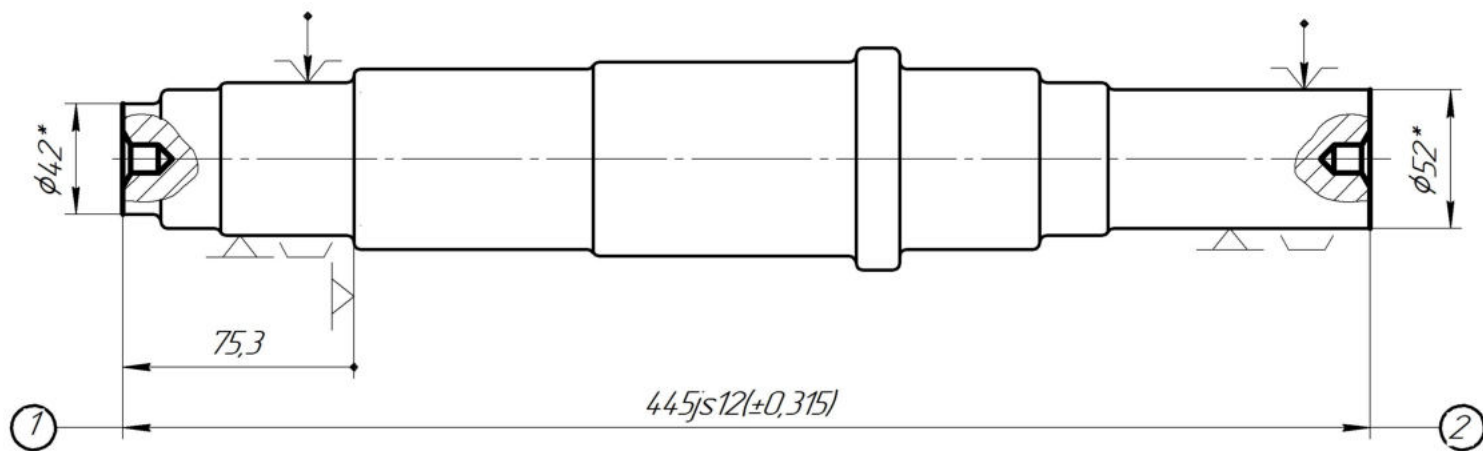
М-110.2014.1.00001

Провер Канонав В.В.

Н. контр Дядя С.І.

Вал складнопрофільний

010


 Ra 6,3


Дубль			
Взам			
Підп.			

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

НУЗП 0214.123.001 2 1

Разраб	Коложний О.Г.		НУЗП	НУЗП 715.514.001		M-110.6014.1.00001
Провер	Кананов В.В.					

Н. контр. Дядя С.І. **Вал складнопрофільний** 010

Наименование операции	Материал	Твердость	EB	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД
Фрезерно-центровально	30ХГСА	25...35,5 HRC	к2	8,5		9,48	0,8
Оборудование, устройство с ЧПУ	Обозначение программы	T ₀	T _B	T _{п.з}	T _{шт}	СОЖ	
Фрезерно-центровальный н/а МР-71Р	-	165	0,95	20	5,39	5% р-н эмульсору ГОСТ 1975-75	

Р	П	D или B	L	f	l	s	n	v
0 01	1. Встановити та закріпити деталь							$t_y = 3,18$
T 02	ПР Пристосування спеціальне							
03								
0 04	2. Фрезерувати поверхню дотримуючись розмірів 1,2							
T 05	ВИ Втулка перехідна							
06	РИ Торцева фреза 2214-0001 ГОСТ 24.359-80							
07	СИ Шаблон спеціальний 445 js12							
P 08		01	100	68	34	1	8	100
09								$t_{пер} = 0,53$
T 10	3. Свердлити центровачні отвори дотримуючись розмірів							
11	ВИ Втулка перехідна							
12	РИ Свердло центровальне 2317-0170 ГОСТ 14.952-75							
P 13	СИ Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,05 ГОСТ 166-89	02	4	7,95	2	1	0,04	1125

OK

Дудя			
Взам			
Падн			

НУЗП 0114.114.001

1

1

Разрад Каложний О.Г.

НУЗП

НУЗП 715.514.001

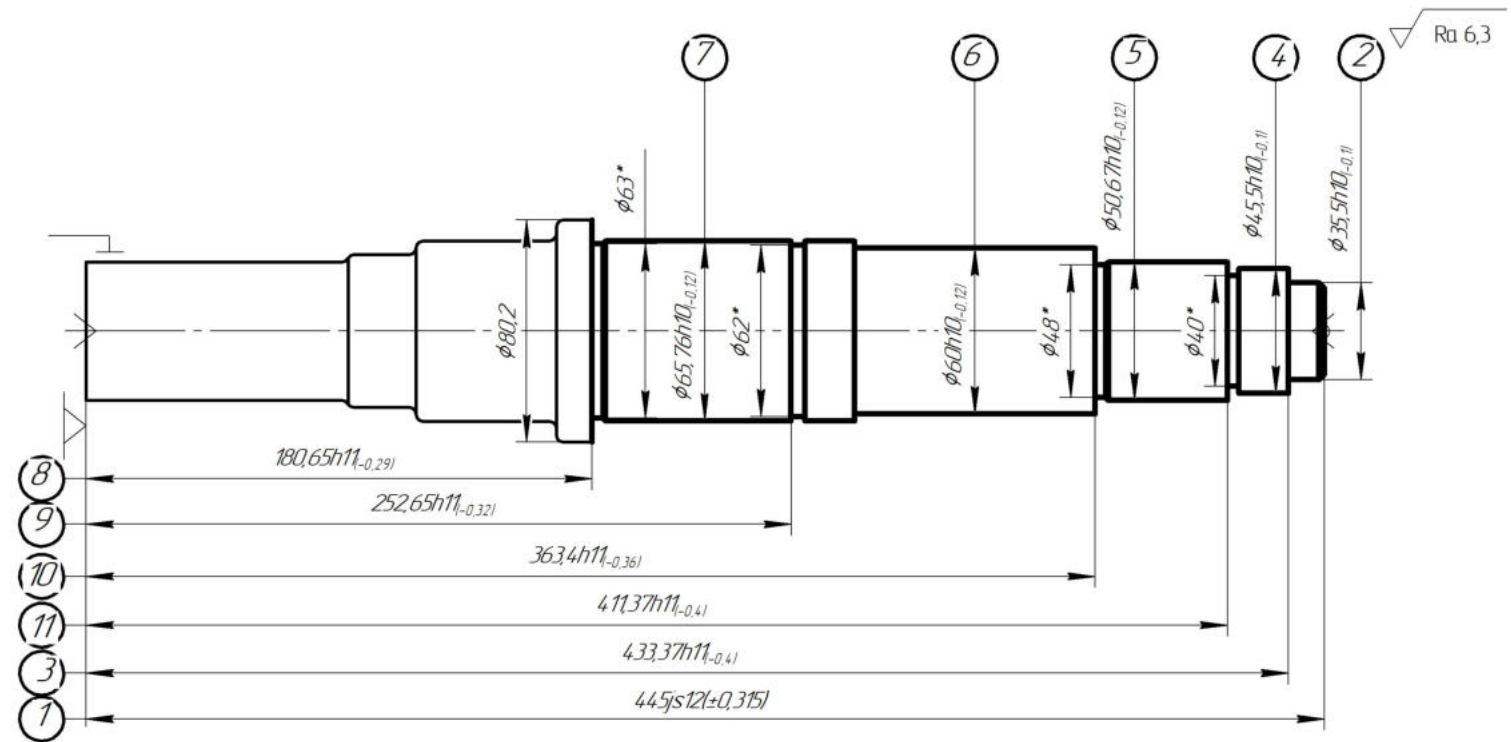
МЗ-110.2014.100001

Правер Канюнов В.В.

Н. контр Дядя С.І.

Вал складнапрофільний

015



Дубль			
Взам			
Підп.			

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

НУЗП 0214.123.001 2 1

Разраб	Коложний О.Г.			НУЗП	НУЗП 715.514.001			M-110.6014.1.00001
Провер	Кананов В.В.							

Н. контр. Дядя С.І. **Вал складнопрофільний** 015

Наименование операции	Материал	Твердость		EB	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД
Токарна	ЭОХГСА	25...35,5 HRC		к2	8,5			9,48	0,8
Оборудование, устройство с ЧПУ	Обозначение программы	Т ₀	Т _В	Т _{п.з}	Т _{шт}	СОЖ			
Гидрокапильный н/а 1712	-	11,95	2,11	44	15,47	5% р-н эмульсолу ГОСТ 1975-75			

Р	ПИ	D или B	L	f	L	s	n	v	
0 01	1. Встановити та закріпити деталь							$t_y = 3,18$	
T 02	ПР Патрон поводковый ГОСТ 1334-67, центр упорный ГОСТ 18259-72								
03									
0 04	2. Точити поверхні дотримуючись розмірів 1,2,4,6,7,9								
T 05	ВИ Капильный супорт								
06	РИ Різець 2101-0055 ГОСТ 18879-73								
07	СИ Шаблон спеціальний								
P 08		02	65,76	267,35	0,85	1	0,12	315	65,03
09	3. Точити поверхні дотримуючись розмірів 3,5,8,10,11							$t_{пер} = 0,53$	
T 10	ВИ Втулка перехідна								
11	РИ Різець 2130-0501 ГОСТ 18874-73								
12	СИ Шаблон спеціальний								
P 13		02	4	7,95	2	1	0,04	1125	14,13

OK

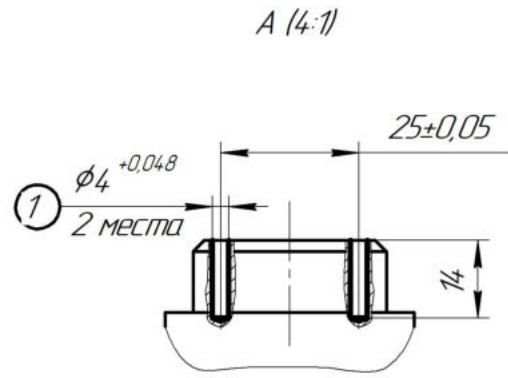
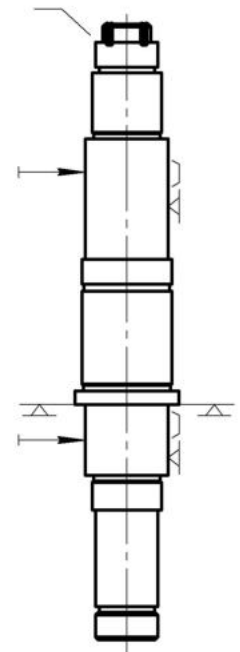
Дудл.			
Взам.			
Падп.			

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

НУЗП 0114.123.001 1 1

Разрад.	Каложніі А.Г.			НУЗП	НУЗП 715.514.001			М-110.2014.1.00001
Правер.	Кананов В.В.							

Н. кантр.	Дядя С.І.			Вал складнапрофільны					025
-----------	-----------	--	--	----------------------	--	--	--	--	-----



√ Ra 6,3

Дубль			
Взам			
Підп.			

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

НУЗП 0214.123001

1

Разраб	Коложний О.Г.			НУЗП	НУЗП 715.514.001				М-110.6014.1.00001
Провер	Канонав В.В.								

Н. контр.	Дядя С.І.			Вал складнопрофільний						025
-----------	-----------	--	--	-----------------------	--	--	--	--	--	-----

Найменування операції	Матеріал	Твердість	ЕВ	МД	Профіль та розміри		МЗ	КОИД
Свердільна	30ХГСА	25...35,5 HRC	к2	8,5	14,0x320		9,8	0,8
Обладнання, пристрій з ЧПК	Позначення програми	Т _а	Т _в	Т _{п.з}	Т _{шт.}	СОЖ		
Вертикально-свердільний 2Н118	-	0,11	0,25	4	0,38	5% р-н емульсолу ГОСТ 1975-75		

Р	П	PI	D или B	L	f	l	s	n	v
0 01	1. Встановити та закріпити деталь								t _{уч} =0,4
T 02	ПР Пристосування спеціальне								
03									
0 04	2. Свердлити отвір дотримуючись розміру 1								
T 05	ВИ Втулка перехідна								
06	PI Свердло спіральне 2300-5445 ГОСТ 4010-77								
07	СИ Калибр-прайка 8133-0626 ГОСТ 14807-69								
P 08		01	4	15,75	2	1	0,07	2000	25,12
09	3. Зяти деталь								
T 10									
11									
12									
P 13									

ОК