

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування факультету)

Технологія машинобудування

(повне найменування кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

перший (бакалаврський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Розробка технологічного процесу виготовлення вала»

Виконав: студент(ка) IV курсу, групи Мз-112сп

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

ФІТАК А.О.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник СТЕПАНОВ Д.М.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ФРОЛОВ Михайло

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри Сергій ДЯДЯ

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 року

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

ФІТАК Анастасії Олександрівні

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) «Розробка технологічного процесу виготовлення вала»

керівник проєкту (роботи) к.н.т., доцент, СТЕПАНОВ Д.М.

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

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

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 28.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення шестерні ведучої нагнітаючої секції; річна програма випуску N=5000 шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина. 2. Конструкторська частина.

3. Організаційна частина ..... 4. Економічний розрахунок..... 5. Охорона праці.

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

Креслення деталі, заготовки; плакат 3D-моделі деталі та заготовки; маршрут виготовлення деталі; плакат зображення обробки для верстата з ЧПК; креслення робочого пристосування; плакат розрахунку деталі на міцність.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 29 квітня 2025 \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	07.05.2025	
2	Розробка операції для верстата з ЧПК	14.05.2025	
3	Конструкторська частина	21.05.2025	
4	Розрахунок на міцність	24.05.2025	
5	Організаційна частина	27.05.2025	
6	Економічний розрахунок .....	30.05.2025	
7	Охорона праці	04.06.2025	
8	Оформлення пояснювальної записки, креслень, карт	07.06.2025	
9	Нормоконтроль	10.06.2025	
10	Рецензія	12.06.2025	
11	Захист дипломного проєкту	14.06.2025	

Студент(ка)

\_\_\_\_\_ Анастасія ФІТАК  
( підпис ) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

\_\_\_\_\_ Дмитро СТЕПАНОВ  
( підпис ) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 113 с., 17 табл., 25 рис., 3 дод., 19 джерел.

ВАЛ, ВЕРСТАТ, ЗАГОТОВКА, ІНСТРУМЕНТ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, НОРМУВАННЯ, ОПЕРАЦІЯ, ПРИСТОСУВАННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, КОЕФІЦІЄНТ ЗАВНТАЖЕННЯ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

Об'єкт дослідження – вал.

Мета роботи – проектування технологічного процесу виготовлення вала.

В дипломному проєкті спроектовано технологічний процес виготовлення вала. Визначено метод отримання заготівки та економічно обгрунтовано. Виконано розрахунок технологічних переходів на основі якого був розроблений маршрут обробки вала. Розраховані режими різання, норми часу, розроблено операцію з ЧПК.

У конструкторській частині було спроектовано робоче та контрольне пристосування, досліджено міцносні характеристики деталі.

У організаційній частині виконано розрахунок кількості технологічного обладнання та робітників на дільниці, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

## ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	7
Вступ	8
1 Технологічна частина	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	12
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	13
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі	18
1.4.1 Вибір технологічних баз	18
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	19
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	27
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	28
1.5.1 Розрахунок припусків і технологічних розмірів аналітичним методом	28
1.5.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів табличним методом	32
1.6 Розрахунок режимів різання	40
1.6.1 Операція 015 - Токарна	40
1.6.2 Операція 070 – Горизонтально-свердлильна з ЧПК	44
1.6.3 Операція 050 – Токарна з ЧПК	48
1.7 Технічне нормування операцій	51
1.7.1 Операція 015 - Токарна	51
1.7.2 Операція 070 – Горизонтально-свердлильна з ЧПК	53
1.7.3 Операція 050 – Токарна з ЧПК	54
1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК	56
2 Конструкторська частина	60
2.1 Проектування робочого пристосування	60

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	61
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність	62
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу	65
2.2 Проектування і принцип роботи контрольного пристосування	67
2.3 Розрахунок на міцність	68
3 Організаційна частина	71
3.1 Розробка необхідної кількості технологічного обладнання	71
3.2 Визначення чисельності основних виробничих робітників	73
4 Економічна ефективність пристроїв	77
5 Охорона праці	81
Висновки	85
Перелік джерел посилання	86
Додаток А. Специфікація робочого пристосування	88
Додаток Б. Керуюча програма	91
Додаток В. Технологічні карти	93

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

КГШП – кривошипний гарячештамповочний прес

ЄСКД - єдина система конструкторської документації

ЄСТД - єдина система технологічної документації

МЦХ - масово-центрувальні характеристики

МОП – маршрут обробки поверхонь

МВД – маршрут виготовлення деталі

КП - керуюча програма

ПЗ - пояснювальна записка

ПК – персональний комп'ютер

РТК КП - розрахунково-технологічна карта керуючої програми

ТП - технологічний процес

ЧПК - числове програмне керування

## ВСТУП

При переході машинобудівного виробництва до ринкової економіки перед ним виникає безліч різних завдань, які потребують негайного і правильного вирішення.

Всезростаюча конкуренція на ринку продукції вимагає від виробника виготовити виріб у мінімальні терміни, високої якості та порівняно невеликою собівартістю. При цьому вартість виробу значною мірою залежить від використання прогресивних технологічних процесів випуску продукції та застосування високопродуктивного технологічного обладнання, а також скорочення тривалості виробничого циклу виготовлення деталей та всього виробу.

Для здійснення останнього не виключається застосування механізованого та автоматизованого обладнання та спеціальних пристроїв, а також використання оптимальних варіантів організації виробничого процесу.

Виникає необхідність скорочення тривалості циклу конструкторської та технологічної підготовки виробництва з допомогою використання нових засобів автоматизації, зокрема застосування персональних комп'ютерів (ПК) з роботою у системах AUTOCAD, NX, SolidWorks, ANSYS, тощо.

Метою дипломного проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Вала» та проектування механічного цеху, а також вирішення комплексу завдань, пов'язаних із проектуванням технологічного процесу з економічним обґрунтуванням прийнятих рішень; розробка та оформлення технологічної документації на спроектований технологічний процес.



достатнім коефіцієнтом запасу міцності. Робоча температура деталі «Вал» та її подібних: від  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Деталь «Вал» ступінчатої форми, утворена зовнішніми та внутрішніми поверхнями обертання, а також торцевими поверхнями.

Для закріплення деталі у вузлі, вал має шліці Ж та И з кількістю зубців 30 та 43 відповідно.

Поверхня  $\text{Ø}32,5\text{H}7^{+0,025}$  з шорсткістю  $\text{Ra}0,8$  призначена для встановлення вала ручки прокрутки, тому виконується з високими вимогами до виготовлення.

Різьблення  $\text{M}40\times 1\text{-}6\text{e}$  призначене для закріплення гайки. На цій поверхні на довжині 13 мм виконані 4 паза шириною 5 мм.

Торцеві поверхні розміру  $166\text{h}11_{-0,25}$  є конструкторськими базами та визначають положення деталі у вузлі.

Деталь «Вал» виготовляється з конструкційної легованої сталі 14ХГСА2МА-Ш ГОСТ 4543-71. Хімічний склад матеріалу показан у таблиці 1.1, механічні властивості - у таблиці 1.2 [1]

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 14ХГСА2МА-Ш ГОСТ 4543-71

Вуглець, С	Марганець, Mn	Крем- ній, Si	Сірка, S	Фосфор, P	Мідь, Cu	Хром, Cr	Воль- фрам, W	Ні- кель, Ni	Молиб- ден, Mo
			не більше, %						
0,11 - 0,16	0,7- 1,0	0,45 -0,70	0,015	0,025	0,25	0,2 - 0,3	—	1,6 - 2,0	0,25 - 0,40

Таблиця 1.2 - Механічні властивості 14ХГСА2МА-Ш ГОСТ 4543-71

ГО, стан постачання	Межа плинності $\sigma_T$ , МПа	Часовий опір $\sigma_B$ МПа	Відносне подовження $\delta_5$ , %	Відносне звуження $\psi$ , %	Ударна в'язкість КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	$d_{отп.}$ (діаметр відтиску), мм
Пруток. Гарт $840^{\circ}\text{C}$ , масло. Відпускання $160\text{-}250^{\circ}\text{C}$ , повітря.						
	685	930	11	55	88	3,35-3,55

Деталь у процесі виготовлення піддається термообробці – гарту та відпускання.

Гарт стали – це процес, при якому відбувається нагрів металу до температур зміни його кристалічної решітки з подальшим її різким охолодженням. В результаті проходження сплавом процесу гартування він набуває властивість мартенситу і стає твердіше. Завдяки зміні внутрішньої структури металу деталі з нього придбавають додаткову твердість і міцність. При різких механічних діях металеві структури стають крихкими із-за виниклої напруги в їх кристалічній решітці [2].

Поверхня виробу покривається окалиною, що враховується при подальшій обробці. Також відзначається зниження пластичності й в'язкості [2].

Для компенсації виниклих недоліків застосовують спосіб відпускання. Відпускання, на відміну від гартування, є вторинним процесом і нагрів деталі при ньому досягає до 150-500 градусів за Цельсієм з подальшим повільним охолодженням. Такий процес допомагає понизити міру напруженості кристалічної решітки та, як наслідок, зменшити її крихкість [2].

Для зміцнення поверхонь шліців, деталь у процесі обробці піддається нітроцементації. На рисунку 1.2 показані шліці, які піддаються нітроцементації.

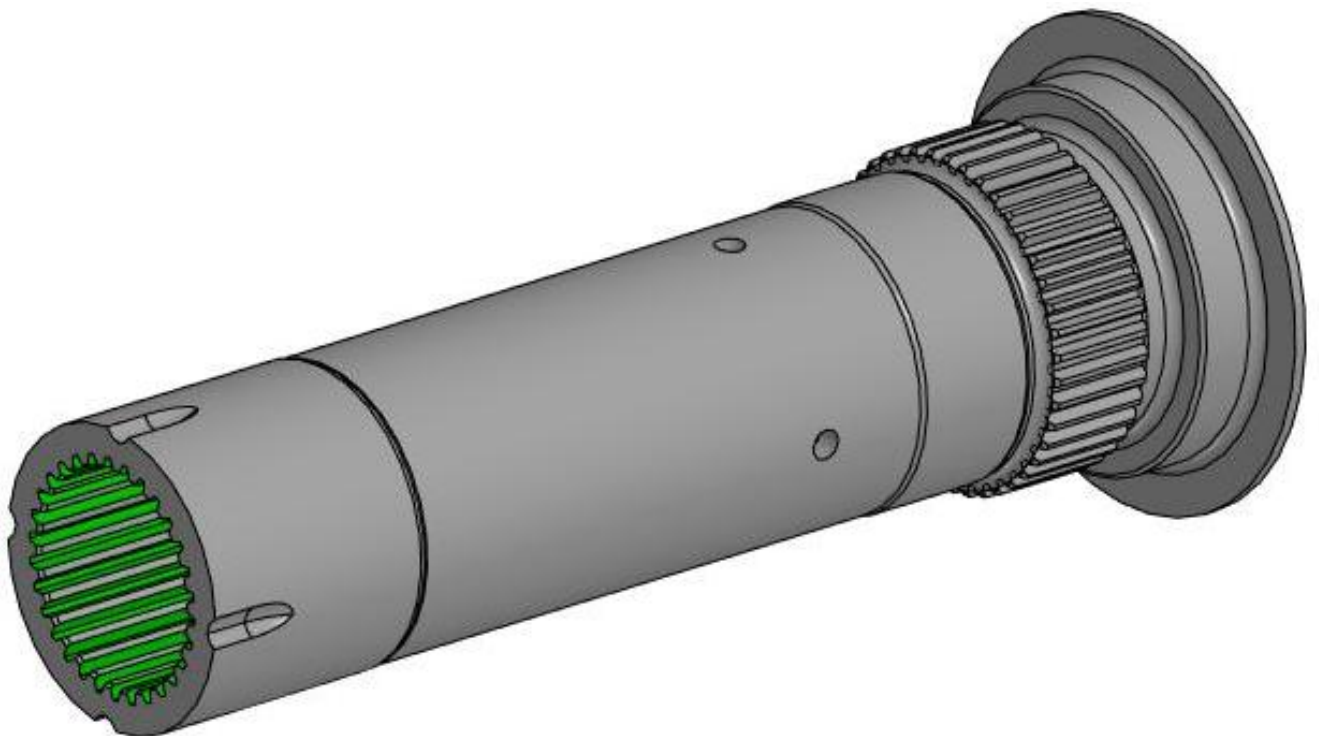


Рисунок 1.2 – Поверхні, які піддаються нітроцементації

При нітроцементациї (азотонавуглерожуванні) легованих конструкційних сталей проводиться насичення поверхні не тільки вуглецем, а й азотом внаслідок добавок до ендотермічної атмосфери 2-5% аміаку; температура насичення 830-860°С; додаткове підстуджування перед загартуванням не проводиться [3].

Основним об'єктом зміцнення при нітроцементациї (830-860 ° С) є зубчасті колеса. При нітроцементациї ефективна товщина шару зубчастих кіл не повинна перевищувати 1,0 мм, тому що при товщині шару вище цієї межі в структурі стимулюється утворення різних дефектів, які значно знижують міцність [3].

## 1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Тип виробництва визначається за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності та обсягу випуску виробів.

Виробництво умовно ділять на 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.

Форма організації виробництва характеризується рівнем спеціалізації робочих місць та принципом розташування обладнання.

Попередньо тип виробництва визначаємо за таблицею 2.2 методичних вказівок [4, с.22], виходячи з річної програми випуску  $N = 4500$  шт. та маси оброблюваної на проєктованій ділянці деталі  $m = 0,629$  кг як серійне виробництво.

Кількість заготовок у партії для одночасного запуску визначається за формулою (1.1).

Кількість деталей в партії можна визначити за формулою:

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

де  $a$  – періодичність запуску (2 рази на тиждень);

$\Phi$  – кількість робочих днів на рік (255 днів на 2025 рік).

$$n = \frac{2 \cdot 4500}{255} \approx 35 \text{ шт.}$$

Форми організації технологічних процесів відповідно до ГОСТ 14312-74 залежить від виконання операцій ТП, розташування технологічного обладнання, кількості виробів.

Для обробки цієї деталі вибираємо змінно-потоківу форму організації ТП. За такої форми організації виробництва деталі надходять на ділянку партіями, та їх обробка здійснюється поточним методом. Після закінчення обробки однієї партії заготовок обладнання робочих місць ділянки відповідно переналагоджується і на ділянку надходить партія інших заготовок, що мають подібний технологічний процес.

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

При виборі методу отримання заготовки призначають метод її отримання, визначають конфігурацію, розміри, допуски, припуски на обробку і формують технічні умови виготовлення [5].

Головним при виборі заготовки є забезпечення заданої якості готової деталі за її мінімальної собівартості. Собівартість деталі визначається підсумовуванням собівартості заготівлі з калькуляції заготівельного цеху та собівартості її подальшої обробки до досягнення заданих вимог якості за кресленням [5].

При виготовленні первинних заготовок деталей машин необхідно постійно прагнути зниження трудомісткості їх обробки (обсягу механічної обробки) і витрати матеріалу. Заготовки повинні мати стабільну точність при обробці і мати технологічні бази [5].

Заготовки деталей машин отримують різними технологічними методами: литтям, куванням, гарячим об'ємним штампуванням, холодним висадженням з прокату, формоутворенням з порошкових матеріалів, виготовленням з прокату і т.д. Різні методи отримання заготовок можуть забезпечувати однакову точність і

шорсткість поверхонь, але, при цьому, економічність цих методів, за однакової програми випуску, може бути різною [5].

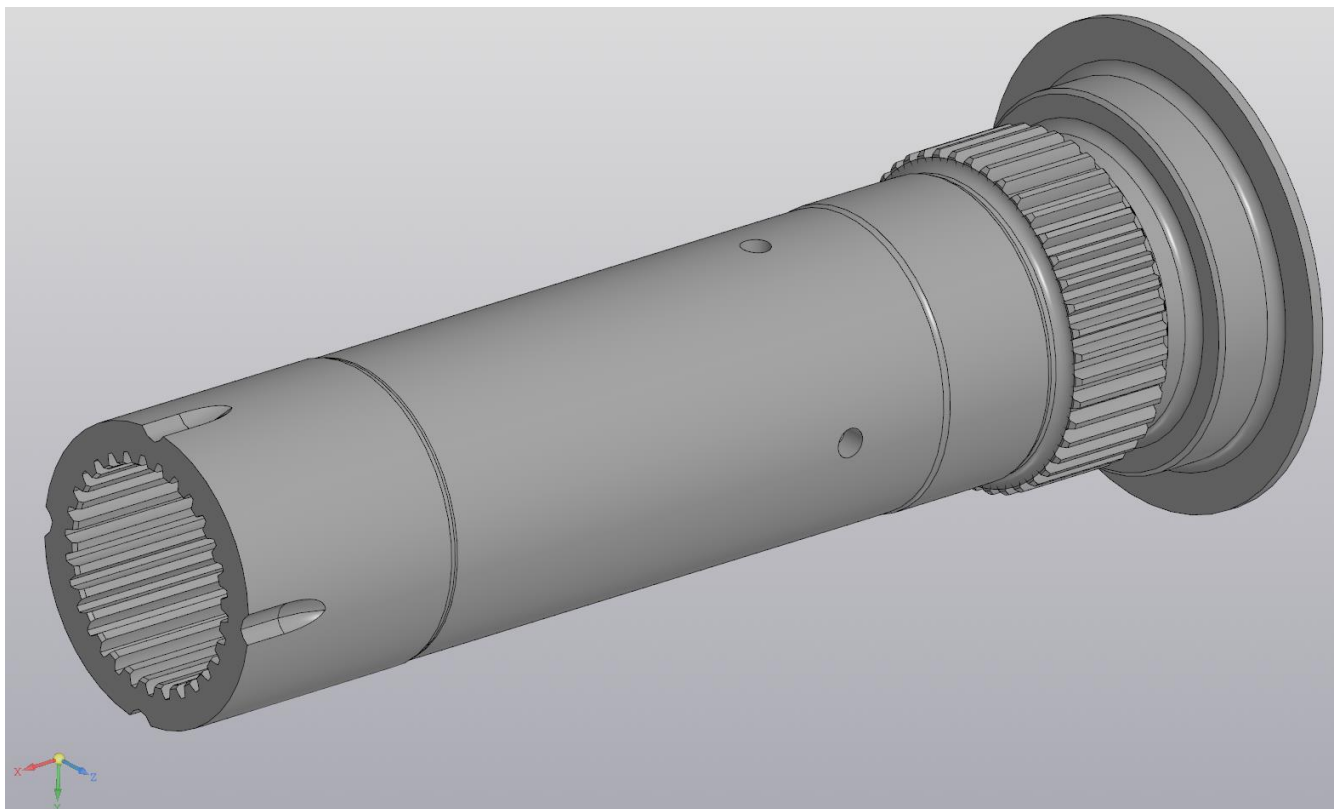
Порівнюємо способи отримання заготовки - на молотах та КГШП.

Встановлюємо припуски на механічну обробку за [4, стр.12, табл. 1.3].

- для заготовки на молотах приймаємо для розмірів  $> 50$  мм  $Z = 2,3$  мм;  
для розмірів  $50 - 120$  мм  $Z = 2,4$  мм; для розмірів  $120 - 260$  мм  $Z = 2,7$  мм;

- для заготовки на КГШП приймаємо для розмірів  $> 50$  мм  $Z = 2,1$  мм;  
для розмірів  $50 - 120$  мм  $Z = 2,2$  мм; для розмірів  $120 - 260$  мм  $Z = 2,5$  мм;

Вагу деталі, а також ваги заготівок визначаємо за допомогою об'ємного моделювання у програмі NX. Згідно розрахункам вага деталі складає  $q = 0,635$  кг (рис. 1.3).

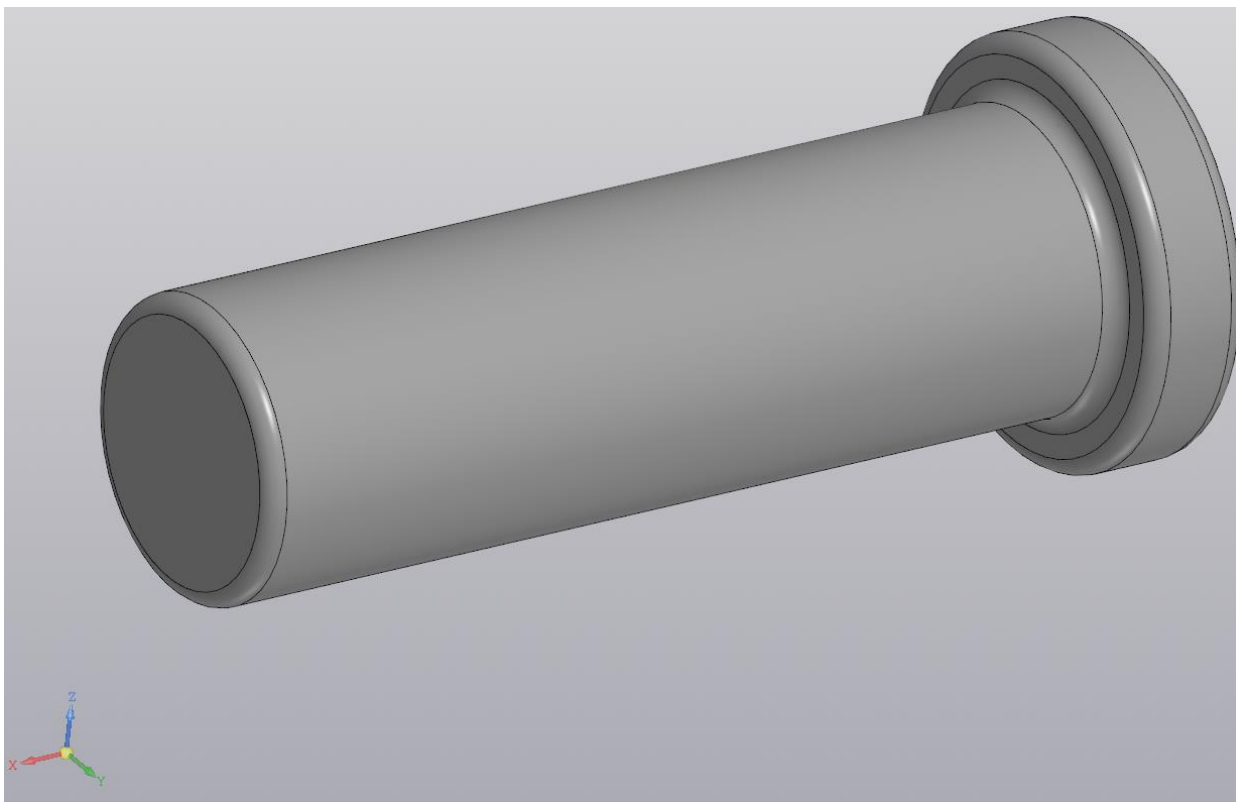


| Масса

M = 635.111228 г

Рисунок 1.3 – Результат розрахунку МЦХ готової деталі

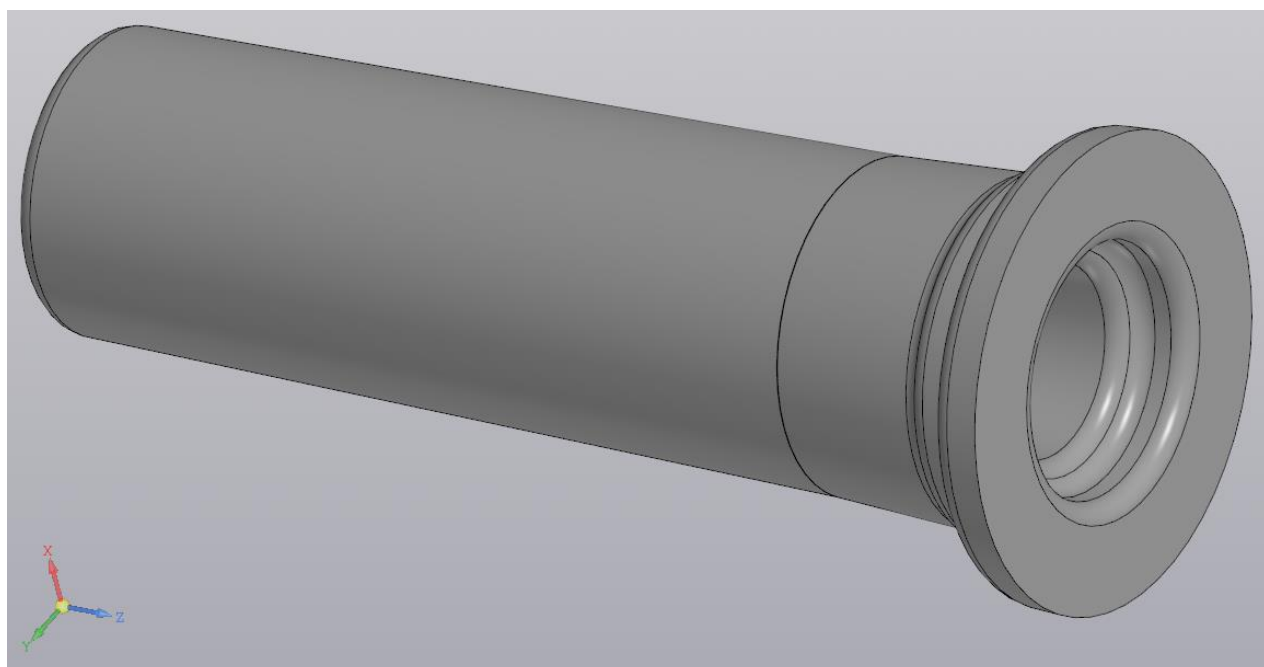
Вага заготовки з врахуванням припусків складає на молотах  $Q_1 = 2,785$  кг (рис. 1.4), на КГШП -  $Q_2 = 2,046$  кг (рис. 1.5).



| Масса

M = 2784.751616 г

Рисунок 1.4 – Результат розрахунку МЦХ заготовки на молотах



| Масса

M = 2045.644679 г

Рисунок 1.5 – Результат розрахунку МЦХ заготовки на КГШП

Вартість однієї заготовки розраховується по формулі:

$$B = \frac{B_6}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_3 \cdot K_{II} - (Q - q) \cdot \frac{B_{отх.}}{1000}, \quad (1.2)$$

де  $B_6$  – базова вартість виготовлення однієї заготовки [4];

$K_T, K_M, K_B, K_3, K_{II}$  – коефіцієнти, що враховують відповідно матеріал, клас точності, групу складності, масу заготовки, програму випуску, [4];

$B_{отх.}$  – вартість 1т. стружки, грн. [4].

$$B_1 = \frac{3500}{1000} \cdot 2,785 \cdot 1,05 \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 0,78 \cdot 1,0 - (2,785 - 0,635) \cdot \frac{140}{1000} = 14,07 \text{ грн.}$$

$$B_2 = \frac{3500}{1000} \cdot 2,046 \cdot 1,05 \cdot 1,8 \cdot 1,11 \cdot 0,78 \cdot 1,0 - (2,046 - 0,635) \cdot \frac{140}{1000} =$$

$$B_2 = 11,52 \text{ грн}$$

$$B_1 > B_2$$

Коефіцієнт використання матеріалу розраховується по формулі:

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

$$\eta_1 = \frac{0,635}{2,785} = 0,23$$

$$\eta_2 = \frac{0,635}{2,046} = 0,31$$

$$\eta_1 < \eta_2$$

Отримані дані зводимо до таблиці 1.3.

Так як  $B_1 > B_2$ , а  $\eta_1 < \eta_2$ , то обираємо спосіб виготовлення заготовки – штампування на КГШП.

Таблиця 1.3 – Порівняльні показники за варіантами

Показники	Позначення	Вимірювання	Варіанти заготовки	
			молот	КГШП
Припуск на сторону	$z$	мм	2,3; 2,4; 2,7;	2,1; 2,2; 2,5
Вага заготовки	$Q$	кг	2,785	<b>2,046</b>
Базова вартість 1т. заготовки	$B_6$	грн	3500	3500
Коефіцієнти	$K_T$	-	1,05	
	$K_M$	-	1,8	
	$K_B$	-	1,0	1,11
	$K_n$	-	0,78	
	$K_3$	-	1,0	
Вартість 1т. стружки	$B_{отх}$	грн/тонну	140	
Вартість 1 заготовки	$B$	грн	14,07	<b>11,52</b>
Коеф. використання матеріалу	$\eta$	-	0,23	<b>0,31</b>

Розраховуємо річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок за формулою:

$$E_B = (B_1 - B_2) \cdot N \quad (1.4)$$

$$E_B = (14,07 - 11,52) \cdot 4500 = 11475 \text{ грн.}$$

Визначаємо річне заощадження матеріалу за формулою:

$$M_2 = \frac{q(\eta_2 - \eta_1)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N \quad (1.5)$$

$$M_2 = \frac{0,635 \cdot (0,31 - 0,23)}{0,31 \cdot 0,23} \cdot 4500 = 3206,2 \text{ кг}$$

Отже, остаточно приймаємо спосіб отримання заготовки – штампування на КГШП.

## 1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

### 1.4.1 Вибір технологічних баз

Найважливішою умовою для отримання заданої точності та високої продуктивності є правильний вибір баз та схем базування. При виборі та призначенні технологічних баз необхідно дотримуватися таких основних правил:

- поверхня, прийнята як технологічна база, повинна бути одночасно конструкторською (основний чи допоміжною) базою так і технологічною. Тобто, технологічна база має збігатися з конструкторською (правило поєднання баз). Конструкторською називається база, що використовується для визначення положення деталі у виробі;

- для визначення точності взаємне розташування поверхонь деталі, що підлягають обробці в різних операціях технологічного процесу, бажано зберігати в них сталість технологічної бази. Це називається правилом сталості баз;

- в якості технологічної бази застосовувати по можливості найбільш протяжні та найбільш точно і чисто оброблені поверхні;

- необроблені поверхні застосовувати як технологічні (чорнові) бази тільки для перших операцій технологічного процесу;

- при використанні чорнових баз не допускати на їх поверхнях наявність випорів, облою та ін..

За чорнові бази (рис. 1.6) приймаємо необроблену циліндричну поверхню 2 з упором у торець 1 на першій механічній операції.

На чистових токарних операціях базовими поверхнями є зовнішня циліндрична поверхня 2 з торцем 1 та внутрішня поверхня 11 з торцем 8.

На горизонтально-свердлильній та довбальній операціях базовими поверхнями є торець 8 з центруванням по поверхні 11. На горизонтально-фрезерній деталь встановлюється та базується у призми, тому поверхня 2 є базовою.

На шліфувальних операціях шліфування відбувається у центрах.

### 1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Маршрут обробки поверхонь (МОП) – це певна послідовність технологічних операцій обробки поверхні заготовки, необхідних досягнення заданих параметрів якості та точності.

Поняття уточнення заготовки при механічній обробці виникло у зв'язку з тим, що поверхню заготовки обробляють кілька разів, тобто. поверхню заготовки при механічній обробці уточнюють до вимог креслення.

Уточнення – це відношення значень показників якості заготовки до показників якості поверхні деталі.

Ескіз деталі з розміткою поверхонь показаний рис. 1.6.

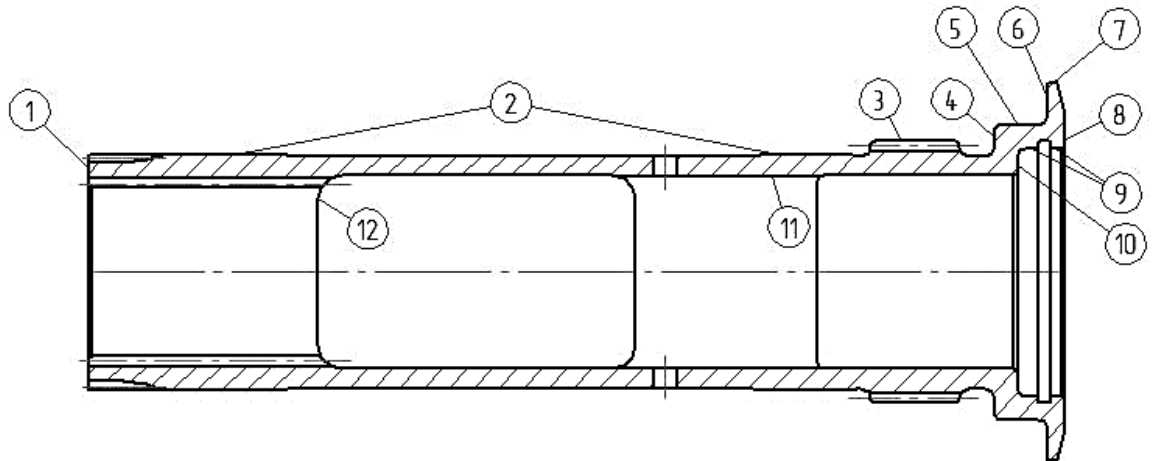


Рисунок 1.6 – Ескіз деталі з технологічною розміткою поверхонь

Показники точності та якості основних поверхонь заносимо до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Показники точності геометричних розмірів та якості основних поверхонь обробки

Номер поверхні та її основний геометричний розмір	Характер поверхні		Показники точності, взаємного розташування та якості поверхні			
	Вид	Тип	Квалітети точності розміру		Шорсткість, Ra, мкм	
			деталь	заготівка	деталь	заготовка
№1 166h11 <sub>-0,25</sub>	торцева	зовнішня	h11	~IT16	1,6	50
№2 Ø40g5 <sub>-0,009 -0,020</sub>	циліндрична	зовнішня	g5	~IT16	0,4	50
№3 Ø44,5b11 <sub>-0,18 -0,34</sub>	циліндрична	зовнішня	b11	~IT16	1,6	50
№4 9	торцева	зовнішня	h12	~IT16	1,6	50
№5 Ø50js6(±0008)	циліндрична	зовнішня	js6	~IT16	0,8	50
№6, 8 3h11 <sub>-0,06</sub>	торцева	зовнішня	h11	~IT16	0,8	50
№7 Ø64	циліндрична	зовнішня	h12	~IT16	3,2	50
№9 Ø42	циліндрична	внутрішня	H12	~IT16	1,6	50
№10 g <sub>+0,4</sub>	торцева	внутрішня	H14	~IT16	1,6	50
№11 Ø32,5H7 <sub>+0,025</sub>	циліндрична	внутрішня	H7	~IT16	0,8	50
№12 124 <sup>+1</sup>	торцева	внутрішня	H12	~IT16	1,6	50

Далі для кожної поверхні розраховуємо загальні уточнення щодо кожного показника точності і найбільшого значення розраховуємо кількість переходів, необхідні досягнення заданого кресленням якості поверхні.

Для поверхні №7 з'ясовуємо технічні вимоги на оброблювану поверхню:

$$Td_d=0,3 \text{ мм} \quad Ra_d= 3,2 \text{ мкм.}$$

Встановлюємо допуски  $Td_3$  та  $Ra_3$  для поверхні вихідної заготовки:

$$es_{d3} = +1,3; \quad ei_{d3} = -0,7; \quad Td_3=2,0 \text{ мм} \quad Ra_3=50 \text{ мкм.}$$

Розраховуємо потрібні уточнення за формулою:

$$\varepsilon_i = \frac{Td_{3i}}{Td_{di}}, \quad (1.6)$$

де  $Td_{3i}$  – допуск на  $i$ -й параметр вихідної заготовки;

$Td_{di}$  – допуск по кресленню для  $i$ -го параметра готової деталі.

$$\varepsilon_{Td} = \frac{2000}{300} = 6,67; \quad \varepsilon_{Ra} = \frac{50}{3,2} = 15,63;$$

За найбільшим значенням  $\varepsilon$  розрахуємо кількість переходів механічної обробки  $k$ :

$$k = 2 \lg 15,63 = 2,4, \text{ приймаємо } k = 2.$$

Визначаємо ступені показників точності та якості, які будуть забезпечуватись на кожному технологічному переході, орієнтуючись на визначену кількість  $k$  усіх переходів:

$$IT16 \rightarrow h13 \rightarrow h12$$

Ra50→ Ra6,3→ Ra3,2

Призначаємо технологічні переходи для обробки поверхонь, дотримуючись визначених квалітетів точності та показників шорсткості

Перехід 1 – точіння чорнове h13, Td=0,46 мм, Ra 6,3:

$$\varepsilon_{Td1} = \frac{2000}{460} = 4,35; \quad \varepsilon_{Ra1} = \frac{50}{6,3} = 7,937;$$

Перехід 2 – точіння чистове h12, Td=0,3 мм, Ra 3,2:

$$\varepsilon_{Td2} = \frac{460}{300} = 1,53; \quad \varepsilon_{Ra2} = \frac{6,3}{3,2} = 1,969;$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_d = 4,35 \cdot 1,53 = 6,66$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_{Ra} = 7,937 \cdot 1,969 = 15,63$$

Отримані значення заносимо до таблиці 1.5. Для інших поверхонь виконуємо розрахунки аналогічно поверхні №7 та заносимо до таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – План обробки поверхонь

Характер та показник точності та якості поверхонь	Показник j	Уточнення ε	Кіл. переходів		Різниця показників та ППТЯ	МОП		Допуск		Уточнення	
			Розрахункове	Прийняте		i	Метод обробки	Розмір	Шорсткість	Розмір	Шорсткість
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№1 торцева 166h11 <sub>-0,25</sub> Ra1,6 Загот. IT16 Ra50	d	8,8			IT16 → h13 → h12 → h11  Ra50 → Ra6,3 → Ra3,2 → → Ra1,6	1	Заготовка	2200	50	-	-
	Ra	31,25	3	3		2	Точіння чорнове	630	6,3	3,492	7,937
						3	Точіння напівчистове	400	3,2	1,575	1,969
						4	Точіння чистове	250	1,6	1,6	2
						Загальне уточнення				8,8	31,25
№2 циліндрична Ø40g5 <sub>-0,009</sub> <sub>-0,020</sub> Ra0,4 Загот. IT16 Ra50	d	163,6	4,4	5	IT16 → h13 → h11 → h9 → h7 → h5  Ra50 → Ra6,3 → Ra3,2 → Ra1,6 → Ra0,8 → Ra0,4	1	Заготовка	1800	50	-	-
	Ra	125				2	Точіння чорнове	390	6,3	4,615	7,937
						3	Точіння напівчистове	160	3,2	2,438	1,969
						4	Точіння чистове	62	1,6	2,581	2
						5	Шліфування попереднє	25	0,8	2,48	2
						6	Шліфування	11	0,4	2,273	2
						Загальне уточнення				163,7	125

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№3 циліндрична $\varnothing 44,5b11_{-0,34}^{-0,18}$ Ra1,6 Загот. IT16 Ra50	d	11,25			IT16 → h13 → h12 → h11  Ra50 → Ra6,3 → Ra3,2 → → Ra1,6	1	Заготовка	1800	50	-	-
	Ra	31,25	3	3		2	Точіння чорнове	390	6,3	4,615	7,937
						3	Точіння напівчистове	250	3,2	1,56	1,969
						4	Точіння чистове	160	1,6	1,563	2
						Загальне уточнення				11,25	31,25
№4 торцева 9h12-0,15 Ra1,6 Загот. IT16 Ra50	d	12			IT16 → h13 → h12 → → h12 Ra50 → Ra6,3 → Ra3,2 → → Ra1,6	1	Заготовка	1800	50	-	-
	Ra	31,25	3	3		2	Точіння чорнове	220	6,3	8,182	7,937
						3	Точіння напівчистове	150	3,2	1,467	1,969
						4	Точіння чистове	150	1,6	1	2
						Загальне уточнення				12	31,25
№5 циліндрична $\varnothing 50js6(\pm 0,008)$ Ra0,8 Загот. IT16 Ra50	d	112,5	4,1	4	IT16 → h13 → h10 → h8 → → h6  Ra50 → Ra6,3 → Ra3,2 → Ra1,6 → Ra0,8	1	Заготовка	1800	50	-	-
	Ra	62,5				2	Точіння чорнове	390	6,3	4,615	7,937
						3	Точіння напівчистове	100	3,2	3,9	1,969
						4	Точіння чистове	39	1,6	2,564	2
						5	Шліфування	16	0,8	2,438	2
						Загальне уточнення				112,5	62,5

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№6 торцева 3h11-0,06 Ra0,8 Загот. IT16 Ra50	d	30			IT16 → h13 → h12 → h11 → h11	1	Заготовка	1800	50	-	-
	Ra	62,5	3,6	4		2	Точіння чорнове	140	6,3	12,86	7,937
					Ra50 → Ra6,3 → Ra3,2 → → Ra1,6 → Ra0,8	3	Точіння напівчистове	100	3,2	1,4	1,969
						4	Точіння чистове	60	1,6	1,667	2
						5	Шліфування	60	0,8	1	2
						Загальне уточнення				30	62,5
№7 циліндрична Ø64h12-0,3 Ra3,2 Загот. IT16 Ra50	d	6,67			IT16 → h13 → h12	1	Заготовка	2000	50	-	-
	Ra	15,63	2,4	2		2	Точіння чорнове	460	6,3	4,35	7,937
					Ra50 → Ra6,3 → Ra3,2	3	Точіння чистове	300	3,2	1,53	1,969
						Загальне уточнення				6,66	15,63
№8 торцева 3h11-0,06 Ra1,6 Загот. IT16 Ra50	d	30			IT16 → h13 → h12 → h11	1	Заготовка	1800	50	-	-
	Ra	31,25	3	3		2	Точіння чорнове	140	6,3	12,86	7,937
					Ra50 → Ra6,3 → Ra3,2 → → Ra1,6	3	Точіння напівчистове	100	3,2	1,4	1,969
						4	Точіння чистове	60	1,6	1,667	2
						Загальне уточнення				30	31,25
№9 циліндр. Ø42H12 <sup>+0,25</sup> Ra1,6 Загот. IT16 Ra50	d	7,2			IT16 → H13 → H12 → H12	1	Заготовка	1800	50	-	-
	Ra	31,25	3	3		2	Точіння чорнове	390	6,3	4,615	7,937
					Ra50 → Ra6,3 → Ra3,2 → → Ra1,6	3	Точіння напівчистове	250	3,2	1,56	1,969
						4	Точіння чистове	250	1,6	1	2
						Загальне уточнення				7,2	31,25

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№10 торцева 8 <sup>+0,4</sup> Ra1,6 Загот. IT16 Ra50	d	4,5			IT16 → H14 → H14 → H14  Ra50 → Ra6,3 → Ra3,2 → → Ra1,6	1	Заготовка	1800	50	-	-
	Ra	31,25	3	3		2	Точіння чорнове	400	6,3	4,5	7,937
						3	Точіння напівчистове	400	3,2	1	1,969
						4	Точіння чистове	400	1,6	1	2
						Загальне уточнення				4,5	31,25
№11 циліндрична Ø32,5H7 <sup>+0,025</sup> Ra0,8 Загот. IT16 Ra50	d	72	3,7	4	IT16 → H13 → H11 → H9 → H7  Ra50 → Ra6,3 → Ra3,2 → → Ra1,6 → Ra0,8	1	Заготовка	1800	50	-	-
	Ra	62,5				2	Точіння чорнове	390	6,3	4,615	7,937
						3	Точіння напівчистове	160	3,2	2,438	1,969
						4	Точіння чистове	62	1,6	2,581	2
						5	Шліфування	25	0,8	2,48	2
						Загальне уточнення				72	62,5
№12 торцева 124 <sup>+1</sup> Ra1,6 Загот. IT16 Ra50	d	2,2			IT16 → H14 → H14 → H14  Ra50 → Ra6,3 → Ra3,2 → → Ra1,6	1	Заготовка	2200	50	-	-
	Ra	31,25	3	3		2	Точіння чорнове	1000	6,3	2,2	7,937
						3	Точіння напівчистове	1000	3,2	1	1,969
						4	Точіння чистове	1000	1,6	1	2
						Загальне уточнення				2,2	31,25

### 1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі (МВД) – це загальний план, у якому на основі компонування раніше розроблених МОП встановлено склад та послідовність операцій ТП, розроблено схеми установок, вказано тип і модель верстата, встановлено технологічні комплекси, наведено вхідні та вихідні характеристики оброблюваних поверхонь. Насамперед обробляють поверхні, які будуть технологічними базами при подальшій обробці заготовки.

Оскільки виробництво серійне, тому використовуване обладнання (верстати): універсальне, частково спеціалізоване та спеціальне, верстати з ЧПК; оснащення універсальне та спеціальне; різальний інструмент: універсальний та спеціальний; мірятьний інструмент: калібри та спеціальний.

Розробимо загальну (етапну) схему обробки. Вивчивши креслення деталі та технічні умови, а також прийнявши за основу раніше розроблений МОП, складаємо загальну етапну схему обробки заготовки:

1 етап – отримання заготовки – штампування на кривошипних гарячештамповочних пресах;

2 етап – термічна обробка (нормалізація) для зняття внутрішніх напружень після штампування;

3 етап – чорнова механічна обробка для отримання базових поверхонь;

4 етап – термічна обробка (гарт, відпустка);

5 етап – напівчистова та чистова механічна обробка, підготовка чистових баз;

6 етап – отримання покриття (мідніння), підготовка до цементації;

7 етап – чистова зубообробна операція;

8 етап – цементація зубців;

9 етап - термічна обробка (гарт, відпустка);

10 етап – остаточна обробка – шліфування;

11 етап – контрольна, перевірка оброблених поверхонь, та магнітний контроль для перевірки дефектів.

Чистові операції виконуються на верстатах з ЧПК, так як такі верстати мають більш ширші можливості, високу точність обробки та можливість суміщати різні типи операцій за одну установку.

## 1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

### 1.5.1 Розрахунок припусків і технологічних розмірів аналітичним методом

Виконаємо розрахунок припусків та розмірів аналітичним методом для поверхні  $\varnothing 62h12_{-0,3}$ .

По [6, табл.23, стор.146] з урахуванням маси заготовки  $Q = 2,046$  кг, матеріалу деталі - група сталі М2, ступінь складності штампування С2, габаритів поверхні для штампування підвищеної точності визначаємо граничні відхилення заготовки:  $Td_{\text{заг}} = \left( \begin{array}{c} +1,3 \\ -0,7 \end{array} \right) = 2000$  мкм.

Встановлюємо нормативні значення показників якості поверхонь переходів механічної обробки:

Перехід 1 - заготовка: по [7, табл.12, стор.186]:  $Rz = 160$  мкм;  $h = 200$  мкм;

Сумарні відхилення розташування поверхонь:

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}, \quad (1.7)$$

де  $\rho_{\text{кор}}$  – короблення поверхні, визначається по формулі (1.8):

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{кор}} \cdot d, \quad (1.8)$$

де  $\Delta_{\text{кор}}$  – кривизна заготовок,  $\Delta_{\text{кор}} = 2$  мкм/мм [7, табл.16, стор.186];

$$\rho_{\text{кор}} = 2 \cdot 64 = 128 \text{ мкм.}$$

$\rho_{\text{см}}$  – короблення зміщення,  $\rho_{\text{см}} = 600$  мкм [7, табл.18, стор.187];

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{128^2 + 600^2} = 614 \text{ мкм.}$$

Перехід 2 – термообробка (нормалізація):  $\Delta_{\text{кор}} = 1,5 \text{ мкм/мм}$  [7, табл.16, стор.186];

$$\rho_2 = 1,5 \cdot 64 = 96 \text{ мкм.}$$

Перехід 3 - точіння чорнове: по [7, табл.25, стор.188]:  $Rz = 50 \text{ мкм}$ ;  $h = 50 \text{ мкм}$

$$\rho_3 = \rho_{\text{заг}} \cdot k, \quad (1.9)$$

де  $k$  - коефіцієнт уточнення [7, табл.29, стор.190];

$$\rho_3 = 614 \cdot 0,06 = 37 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_3 = 0,25\sqrt{Tl_{\text{заг}}^2 + 1}, \quad (1.10)$$

де  $\varepsilon_3$  – похибка встановлення деталі при закріпленні;

$$\varepsilon_3 = 0,25\sqrt{2^2 + 1} = 560 \text{ мкм.}$$

Перехід 4 – термообробка (гарт, відпустка):  $\Delta_{\text{кор}} = 1,5 \text{ мкм/мм}$  [7, табл.16, стор.186];

$$\rho_4 = 1,5 \cdot 64 = 96 \text{ мкм.}$$

Перехід 5 – точіння чистове:  $Rz = 25 \text{ мкм}$ ;  $h = 25 \text{ мкм}$

$$\rho_5 = 96 \cdot 0,05 = 5 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_5 = 560 \cdot 0,05 = 28 \text{ мкм.}$$

Розраховуємо мінімальні значення припусків за формулою:

$$2Z_{\min i} = 2 \left[ Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right], \quad (1.11)$$

де  $Rz_{i-1}$  – висота мікронерівностей на попередньому переході;

$h_{i-1}$  – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

$\rho_{i-1}$  – сумарні відхилення розташування поверхонь на попередньому переході;

$\varepsilon_i$  – похибка установки заготовки на переході.

$$2Z_{3 \min} = 2 \left[ 160 + 200 + \sqrt{614^2 + 560^2} \right] = 2382 \text{ мкм};$$

$$2Z_{5 \min} = 2 \left[ 50 + 50 + \sqrt{37^2 + 28^2} \right] = 293 \text{ мкм};$$

Розраховуємо технологічні розміри шляхом розмірних ланцюгів. Розглянута поверхня зовнішня, тому розрахункові розміри визначаємо як максимальні.

$$d_{i \max} = d_{i+1 \max} + 2Z_{i+1 \min} + Td_i \quad (1.12)$$

$$d_{3 \max} = d_{5 \max} + 2Z_{5 \min} + Td_3 = 64 + 0,293 + 0,46 = 64,753 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } d_{3 \max} = 64,75 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг max}} = d_{3 \max} + 2Z_{3 \min} + Td_{\text{заг}} = 64,75 + 2,382 + 2 = 69,132 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } d_{\text{заг max}} = 69,1 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні розміри:

$$d_{i \min} = d_{i \max} - Td_i \quad (1.13)$$

$$d_{\text{заг min}} = d_{\text{заг max}} - Td_{\text{заг}} = 69,1 - 2 = 67,1 \text{ мм}$$

$$d_{3 \min} = d_{3 \max} - Td_3 = 64,75 - 0,46 = 64,29 \text{ мм}$$

$$d_{5 \min} = d_{5 \max} - Td_5 = 64 - 0,3 = 63,7 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні значення припусків для переходів механічної обробки.  
Розраховуємо максимальні значення припусків:

$$2Z_{i \max} = d_{i-1 \max} - d_{i \min} \quad (1.14)$$

$$2Z_{3 \max} = d_{\text{заг} \max} - d_{3 \min} = 69,1 - 64,29 = 4,81 \text{ мм}$$

$$2Z_{5 \max} = d_{3 \max} - d_{5 \min} = 64,75 - 63,7 = 1,05 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні значення припусків:

$$2Z_{i \min} = d_{i-1 \min} - d_{i \max} \quad (1.15)$$

$$2Z_{3 \min} = d_{\text{заг} \min} - d_{3 \max} = 67,1 - 64,75 = 2,35 \text{ мм}$$

$$2Z_{5 \min} = d_{3 \min} - d_{5 \max} = 64,29 - 64 = 0,29 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку розрахунків за контрольним правилом:

$$TZ_0 = 2Z_{0 \max} - 2Z_{0 \min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}}, \quad (1.16)$$

$$2Z_{0 \max} = d_{\text{заг} \max} - d_{5 \min} = 69,1 - 63,7 = 5,4 \text{ мм}$$

$$2Z_{0 \min} = d_{\text{заг} \min} - d_{5 \max} = 67,1 - 64 = 3,1 \text{ мм}$$

$$5,4 - 3,1 = 2 + 0,3$$

$$2,3 = 2,3$$

Визначаємо номінальний розмір заготовки та технологічні виконавчі розміри:

$$d_{\text{заг} \text{ ном}} = d_{\text{заг} \min} + ei d_{\text{заг}} = d_{\text{заг} \max} - es d_{\text{заг}}, \quad (1.17)$$

$$d_{\text{заг} \text{ ном}} = 67,1 + 0,7 = 69,1 - 1,3 = 67,8$$

$$d_{\text{заг}} = \text{Ø}67,8_{-0,7}^{+1,3}$$

$$d_3 = \varnothing 64,75_{-0,46}$$

$$d_5 = \varnothing 64_{-0,3}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.6.

### 1.5.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів табличним методом

За ГОСТ 7505-74 [8, табл. 49, стр. 248], враховуючи масу заготовки  $Q = 2.046\text{кг}$ , матеріалу деталі - група сталі М2, ступінь складності штампування С2, клас чистоти поверхні деталі, розмірний інтервал, знаходимо загальний мінімальний припуск на заготовку для розміру  $166h11_{-0,25}$ :  $Z_{0\text{ min}} = 2,3\text{ мм}$ . Загальний припуск розкладаємо між переходами механічної обробки, використовуючи коефіцієнт співвідношення припусків:

$$Z_{i\text{ min}} = j_i \cdot 2Z_{0\text{ min}}, \quad (1.18)$$

де  $j_i$  – коефіцієнт співвідношення припуску;

$$Z_{3\text{ min}} = 0,65 \cdot 2,3 = 1,5\text{ мм}$$

$$Z_{4\text{ min}} = 0,26 \cdot 2,3 = 0,6\text{ мм}$$

$$Z_{5\text{ min}} = 0,09 \cdot 2,3 = 0,2\text{ мм}$$

Розглянута поверхня зовнішня, тому розрахункові розміри визначаємо як максимальні.

$$l_{i\text{ max}} = l_{i+1\text{ max}} + Z_{i+1\text{ min}} + Tl_i \quad (1.19)$$

$$l_{4\text{ max}} = l_{5\text{ max}} + Z_{5\text{ min}} + Tl_4 = 166 + 0,2 + 0,4 = 166,6\text{ мм}$$

$$l_{3\text{ max}} = l_{4\text{ max}} + Z_{4\text{ min}} + Tl_3 = 166,6 + 0,6 + 0,63 = 167,83\text{ мм}$$

$$l_{\text{заг max}} = l_{3\text{ max}} + Z_{3\text{ min}} + Tl_{\text{заг}} = 167,83 + 1,5 + 2,2 = 171,53\text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } l_{\text{заг max}} = 171,5\text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні розміри:

$$l_{i \min} = l_{i \max} - Tl_i \quad (1.20)$$

$$l_{\text{зар} \min} = l_{\text{зар} \max} - Tl_{\text{зар}} = 171,5 - 2,2 = 169,3 \text{ мм}$$

$$l_3 \min = l_3 \max - Tl_3 = 167,83 - 0,63 = 167,2 \text{ мм}$$

$$l_4 \min = l_4 \max - Tl_4 = 166,6 - 0,4 = 166,2 \text{ мм}$$

$$l_5 \min = l_5 \max - Tl_5 = 166 - 0,25 = 165,75 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні значення припусків для переходів механічної обробки.

Розраховуємо максимальні значення припусків:

$$Z_{i \max} = l_{i-1 \max} - l_{i \min} \quad (1.21)$$

$$Z_3 \max = l_{\text{зар} \max} - l_3 \min = 171,5 - 167,2 = 4,3 \text{ мм}$$

$$Z_4 \max = l_3 \max - l_4 \min = 167,83 - 166,2 = 1,63 \text{ мм}$$

$$Z_5 \max = l_4 \max - l_5 \min = 166,6 - 165,75 = 0,85 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні значення припусків:

$$Z_{i \min} = l_{i-1 \max} - l_{i \min} \quad (1.22)$$

$$Z_3 \min = l_{\text{зар} \min} - l_3 \max = 169,3 - 167,83 = 1,47 \text{ мм}$$

$$Z_4 \min = l_3 \min - l_4 \max = 167,2 - 166,6 = 0,6 \text{ мм}$$

$$Z_5 \min = l_4 \min - l_5 \max = 166,2 - 166 = 0,2 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку розрахунків за контрольним правилом:

$$TZ_0 = 2Z_{0 \max} - 2Z_{0 \min} = Tl_{\text{зар}} + Tl_{\text{дет}}, \quad (1.23)$$

$$2Z_{0 \max} = l_{5 \max} - l_{\text{заг} \min} = 171,5 - 165,75 = 5,75 \text{ мм}$$

$$2Z_{0 \min} = l_{5 \min} - l_{\text{заг} \max} = 169,3 - 166 = 3,3 \text{ мм}$$

$$5,75 - 3,3 = 2,2 + 0,25$$

$$2,45 = 2,45$$

Визначаємо номінальний розмір заготовки та технологічні виконавчі розміри:

$$l_{\text{заг} \text{ ном}} = l_{\text{заг} \min} + ei l_{\text{заг}} = l_{\text{заг} \max} - es l_{\text{заг}}, \quad (1.24)$$

$$l_{\text{заг} \text{ ном}} = 169,3 + 0,8 = 171,5 - 1,4 = 170,1$$

$$l_{\text{заг}} = 170,1^{+1,4}_{-0,8}$$

$$l_3 = 167,83_{-0,63}$$

$$l_4 = 166,6_{-0,4}$$

$$l_5 = 166_{-0,25}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Розрахунок припусків технологічних розмірів

Характеристика поверхні	МОП		Елементи припусків, мкм				Розрахунковий, мм		Допуск мм	Граничні відхилення розмірів, мм		Граничне значення припусків, мкм		Виконавчий розмір, мм
	i	Метод обробки	Rz	h	$\rho$	$\epsilon_y$	2Z	d	Td	d <sub>max</sub>	d <sub>min</sub>	2Z <sub>max</sub>	2Z <sub>min</sub>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
№7 Циліндрич. зовнішня Ø64h12-0,3 Ra3,2	1	Заготовка	160	200	614	-	-	69,132	2,0	69,1	67,1	-	-	Ø67,8 <sup>+1,3</sup> <sub>-0,7</sub>
	2	ТО	-	-	96	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	Точіння чорнове	50	50	37	560	2,382	64,75	0,46	64,75	64,29	4810	2350	Ø64,75-0,46
	4	ТО	-	-	96	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	Точіння чистове	25	25	5	28	0,293	64	0,3	64	63,7	1050	290	Ø64-0,3
Перевірка	$TZ_0 = 2Z_{0max} - 2Z_{0min} = Td_{зар} + Td_{дет}; 5,4 - 3,1 = 2 + 0,3; 2,3 = 2,3$													

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
№1 Торцева зовнішня 166h11 <sub>-0,25</sub> Ra1,6	1	Заготовка					-	171,53	2,2	171,5	169,3	-	-	170,1 <sub>-0,8</sub> <sup>+1,4</sup>
	2	Точіння чорнове					1,5	167,83	0,63	167,83	167,2	4300	1470	167,83 <sub>-0,63</sub>
	3	Точіння напівчистове					0,6	166,6	0,4	166,6	166,2	1630	600	166,6 <sub>-0,4</sub>
	4	Точіння чистове					0,2	166	0,25	166	165,75	850	200	166 <sub>-0,25</sub>
Перевірка	$TZ_0 = 2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}}; \quad 5,75 - 3,3 = 2,2 + 0,25; \quad 2,45 = 2,45$													
№2 Циліндрична зовнішня Ø40g5 <sub>-0,02</sub> <sup>-0,009</sup> Ra0,4	1	Заготовка					-	47,43	1,8	47,4	45,6	-	-	Ø46,2 <sub>-0,6</sub> <sup>+1,2</sup>
	2	Точіння чорнове					3,0	42,63	0,39	42,63	42,24	5160	2970	Ø42,63 <sub>-0,39</sub>
	3	Точіння напівчистове					1,2	41,038	0,16	41,04	40,88	1750	1200	Ø41,04 <sub>-0,16</sub>
	4	Точіння чистове					0,5	40,378	0,062	40,378	40,316	724	502	Ø40,378 <sub>-0,062</sub>
	5	Шліфування попереднє					0,25	40,066	0,025	40,066	40,041	337	250	Ø40,066 <sub>-0,025</sub>
	6	Шліфування чистове					0,05	39,991	0,011	39,991	39,98	86	50	Ø39,991 <sub>-0,011</sub>
Перевірка	$TZ_0 = 2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}}; \quad 7,42 - 5,609 = 1,8 + 0,011; \quad 1,811 = 1,811$													

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
№5 Циліндрична зовнішня Ø50js6(±0,008) Ra0,8	1	Заготовка					-	57,14	1,8	57,1	55,3	-	-	Ø55,9 <sup>+1,2</sup> <sub>-0,6</sub>
	2	Точіння чорнове					3,0	52,34	0,39	52,34	51,95	5150	2960	Ø52,34 <sub>-0,39</sub>
	3	Точіння напівчистове					1,2	50,747	0,1	50,75	50,65	1690	1200	Ø50,75 <sub>-0,1</sub>
	4	Точіння чистове					0,5	50,147	0,039	50,147	50,108	642	503	Ø50,147 <sub>-0,039</sub>
	5	Шліфування					0,1	50,008	0,016	50,008	49,992	155	100	Ø50,008 <sub>-0,016</sub>
Перевірка	$TZ_0 = 2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = Td_{\text{зар}} + Td_{\text{дет}}; \quad 7,108 - 5,292 = 1,8 + 0,016; 1,816 = 1,816;$													
№9 Циліндрична внутрішня Ø42H12 <sup>+0,25</sup> Ra1,6	1	Заготовка					-	35,36	1,8	37,2	35,4	-	-	Ø36,6 <sup>+0,6</sup> <sub>-1,2</sub>
	2	Точіння чорнове					3,0	40,16	0,39	40,55	40,16	5150	2960	Ø40,16 <sup>+0,39</sup>
	3	Точіння напівчистове					1,0	41,55	0,25	41,8	41,55	1640	1000	Ø41,55 <sup>+0,25</sup>
	4	Точіння чистове					0,2	42	0,25	42,25	42	475	200	Ø42 <sup>+0,25</sup>
Перевірка	$TZ_0 = 2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = Td_{\text{зар}} + Td_{\text{дет}}; \quad 7,06 - 5,2 = 1,8 + 0,06; 1,86 = 1,86;$													

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
№6, №8 Торцева зовнішня 3h11-0,06 Ra1,6, Ra0,8	1	Заготовка					-	10	1,8	10	8,2	-	-	$8,8_{-0,6}^{+1,2}$
	2	Точіння чорнове					1,5	6,7	0,14	6,7	6,56	3440	1500	$6,7_{-0,14}$
	3	Точіння чорнове					1,5	5,06	0,14	5,06	4,92	1780	1500	$5,06_{-0,14}$
	4	Точіння напівчистове					0,5	4,42	0,1	4,42	4,32	740	500	$4,42_{-0,1}$
	5	Точіння напівчистове					0,5	3,82	0,1	3,82	3,72	700	500	$3,82_{-0,1}$
	6	Точіння чистове					0,25	3,47	0,06	3,47	3,41	410	250	$3,47_{-0,06}$
	7	Точіння чистове					0,25	3,16	0,06	3,16	3,1	370	250	$3,16_{-0,06}$
	8	Шліфування					0,1	3	0,06	3	2,94	220	100	$3_{-0,06}$
Перевірка	$TZ_0 = 2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}}; \quad 7,06 - 5,2 = 1,8 + 0,06; 1,86 = 1,86;$													

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
№11 Циліндрична внутрішня Ø32,5H7 <sup>+0,025</sup> Ra0,8	1	Заготовка					-	25,79	1,8	27,6	25,8	-	-	Ø27 <sup>+0,6</sup> <sub>-1,2</sub>
	2	Точіння чорнове					3,0	30,59	0,39	30,98	30,59	5180	2990	Ø30,59 <sup>+0,39</sup>
	3	Точіння напівчистове					1,0	31,978	0,16	32,14	31,98	1550	1000	Ø31,98 <sup>+0,16</sup>
	4	Точіння чистове					0,2	32,338	0,062	32,4	32,338	420	198	Ø32,338 <sup>+0,062</sup>
	5	Шліфування					0,1	32,5	0,025	32,525	32,5	187	100	Ø32,5 <sup>+0,025</sup>
Перевірка	$TZ_0 = 2Z_{0max} - 2Z_{0min} = Td_{зар} + Td_{дет}; \quad 6,725 - 4,9 = 1,8 + 0,025; 1,825 = 1,825;$													

## 1.6 Розрахунок режимів різання

### 1.6.1 Операція 015 – Токарна

Визначаємо режими різання та основного часу аналітичним способом на операцію 015 – токарну (рис.1.6). Обробка виконується на токарному верстаті 16Б16П, технічні характеристики якого вказані у [10, стор. 421].

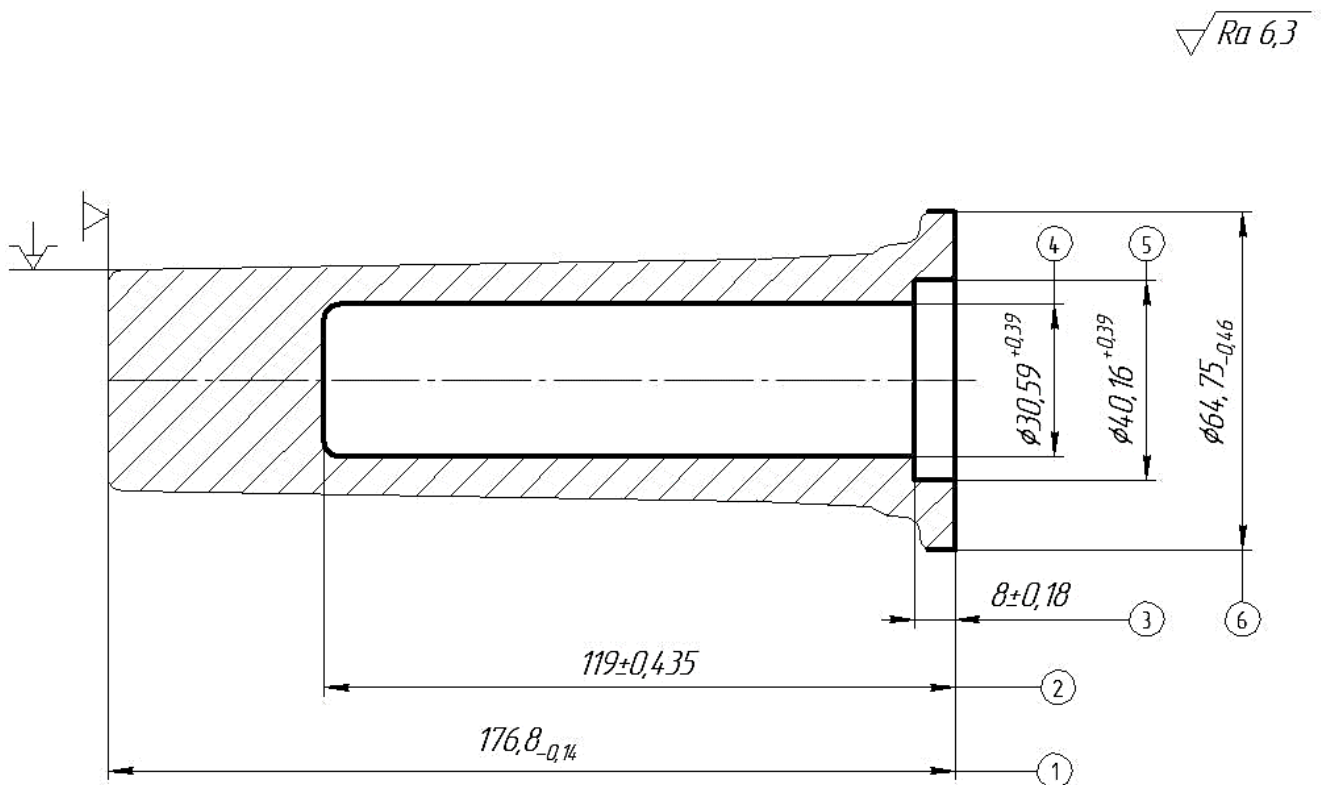


Рисунок 1.6 – Ескіз до обробки на операції 015 – токарної

Обробка виконується за 4 переходів.

Перехід №1 – підрізати торець 1.

Вибираємо різець з [1, стор.115-118] - різець збірний прохідний з мех.кріпленням пластин 16x16 r=1 мм Т5К10 ГОСТ 21151-75

Знаходимо глибину різання  $t$ , мм:

$$t = 178,9 - 176,8 = 2,1 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу -  $S_0$  мм/об [7, стор.268, табл.11]  $S_0 = 0,3$  мм/об

Коректуємо значення подачі за паспортом верстату, приймаємо менше значення  $S_{0\text{вт}}$  (мм/об) [10, стор. 421]. Приймаємо  $S_{0\text{вт}} = 0,3$  мм/об.

Визначаємо швидкість різання, яка допускається властивостями різця за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_{0\text{вт}}^y} \cdot K_v, \text{ м/хв}, \quad (1.25)$$

де  $T$  - стійкість інструменту,  $T = 60$  хв;

$C_v, m, x, y$  вибираємо з [7, стор. 269-270, табл. 17],  $C_v = 350, m = 0,2, x = 0,15, y = 0,35$ ;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{\phi lv} \cdot K_{rv}, \quad (1.26)$$

де  $K_{mv}$  - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив фізико - механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання [7, стор. 261, табл. 1];

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (1.27)$$

де  $K_{\Gamma}$  - група сталі по обробляємості,  $K_{\Gamma} = 1,0$  [7, стор. 263, табл. 2];

$n_v$  - показник степені,  $n_v = 1,0$ ;

$K_{nv}$  - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання [7, стор. 263, табл. 5];

$K_{uv}$  - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання [7, стор. 263, табл. 6];

$K_{rv}$  - поправочний коефіцієнт, який враховується для інструменту з різальною частиною зі швидкорізальної сталі [7, стор. 271, табл. 18];

$K_{\phi v}, K_{\phi lv}, K_{rv}$  - поправочні коефіцієнти, які враховують вплив геометричних параметрів різця на швидкість різання [7, стор. 271, табл. 18].

$$K_v = 1,0 \left( \frac{750}{980} \right)^{1,0} \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,58$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,1^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} \cdot 0,58 = 101,9 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертів оброблюваної деталі, яка відповідає знайденій швидкості головного руху різання в  $\text{хв}^{-1}$ :

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

$$n = \frac{1000 \cdot 101,9}{3,14 \cdot 67,8} = 478$$

Одержані значення частоти обертів, оброблюваної деталі коректуємо за паспортом верстату та приймаємо найближче менше значення  $n_{\text{вТ}} (\text{хв}^{-1})$  [10,с.421],  $n_{\text{вТ}} = 400 \text{ хв}^{-1}$

Визначаємо дійсну швидкість різання в м/хв.

$$V_{\text{д}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{вТ}}}{1000}, \quad (1.29)$$

$$V_{\text{д}} = \frac{3,14 \cdot 67,8 \cdot 400}{1000} = 85,2 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання  $P_z$  за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V_{\text{д}}^n \cdot K_p, \quad (1.30)$$

де  $C_p, x, y, n$  визначаємо по [7,стор. 273-274],  $C_p=300$ ,  $x=1,0$ ,  $y=0,75$ ,  $n=-0,15$ .

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{yp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (1.31)$$

де  $K_p$ - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив конкретних умов обробки.

$K_{\text{мр}}$ - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив фізико - механічних властивостей оброблюваного матеріалу на силові залежності [7,стор. 264,табл. 9].

$K_{\text{фр}}, K_{\text{γр}}, K_{\text{λр}}, K_{\text{гр}}$ - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив геометричних параметрів різця на силу різання [7,стор. 275,табл. 23].

$$K_p = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} \cdot 0,89 \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,36$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,1^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 85,2^{-0,15} \cdot 1,36 = 1783,0 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність, витрачену на різання в кВт.

$$N = \frac{P_z \cdot V_d}{1020 \cdot 60}, \quad (1.32)$$

$$N = \frac{1783,0 \cdot 85,2}{1020 \cdot 60} = 2,48 \text{ кВт}$$

Вибраний режим різання перевіряємо по потужності верстату за умовою:

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}},$$

де  $N_{\text{шп}}$ - потужність на шпинделі верстату.

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta, \text{ кВт}, \quad (1.33)$$

де  $N_{\text{дв}}, \eta$  вибираємо з [10,стор. 421],  $N_{\text{дв}} = 6,3 \text{ кВт}, \eta = 0,7$

$$N_{\text{шп}} = 6,3 \cdot 0,7 = 4,41 \text{ кВт}$$

$$2,48 \text{ кВт} < 4,41 \text{ кВт} \text{ — умова виконується}$$

Визначаємо машинний час

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot S_{\text{овт}}} \cdot i, \text{ хв}, \quad (1.34)$$

де  $L$  – шлях інструменту в напрямку подачі в мм;

$i$  - кількість робочих ходів,

$$L = l + y + \Delta \quad (1.35)$$

де  $l$  – розмір поверхні, що оброблюється в напрямку подачі в мм;

$y = t \cdot \tan \varphi$  – величина врізання мм, де  $\varphi$  – головний кут в плані;

$\Delta = 1 \div 3$  мм – вихід ріжучого інструменту (перебіг);

$$t_0 = \frac{15,6 + 2,1 + 3}{400 \cdot 0,3} \cdot 1 = 0,17 \text{ хв}$$

Аналогічно проводимо розрахунок режимів для інших переходів. Загальний час по операції складає 0,74 хв.

### 1.6.2 Операція 070 – Горизонтально-свердлильна з ЧПК

Визначаємо режими різання та основного часу за допомогою табличних даних на операцію 070 – горизонтально-свердлильну з ЧПК (рис.1.7). Обробка виконується на верстаті з ЧПК HAAS EC-1600 [11].

Перехід – Свердлити 2 отв., витримуючи розміри 1 2, по програмі. Для верстата з ЧПК обираємо за каталогом [12] свердло SCD 040-017-060 AP3N (рис.1.8), патрон DIN69871 40 HYDRO 6X68 CX (рис.1.9). Параметри свердла вказані у таблиці 1.7, патрона - у таблиці 1.8.

Визначаємо глибину різання:

$$t = 4 / 2 = 2 \text{ мм}$$

За рекомендованими значеннями інструменту по [12] з інтервалу 0,10...0,18 мм/об приймаємо значення подачі  $S_0 = 0,1$  мм/об.

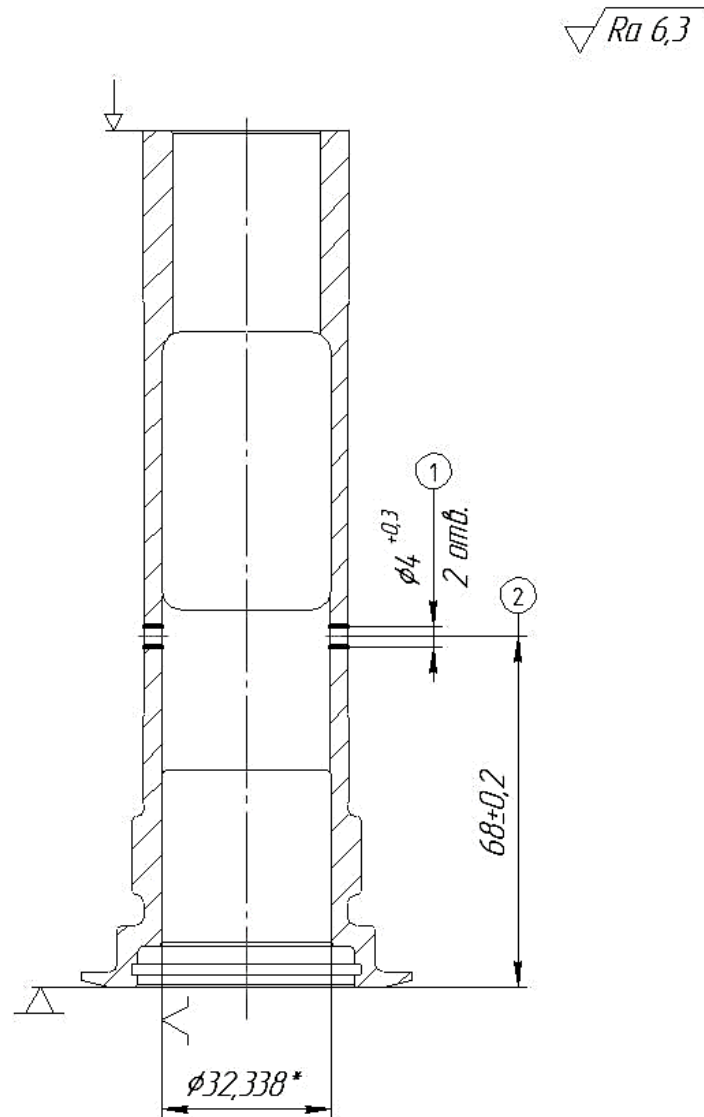


Рисунок 1.7 – Ескіз до обробки на операції 030 – горизонтально-фрезерної з ЧПК

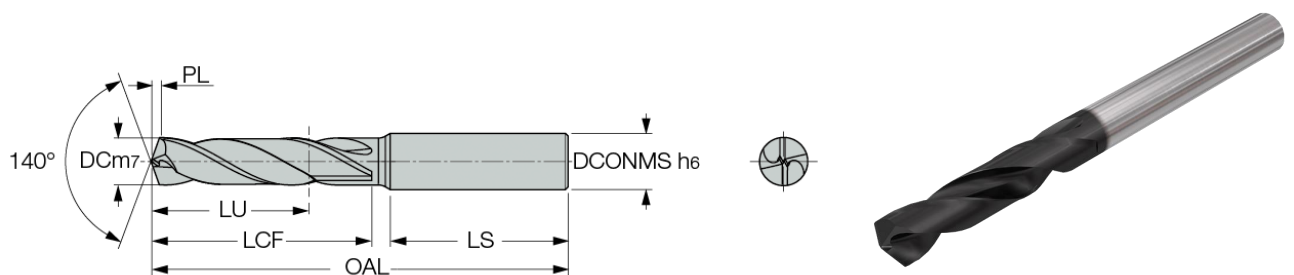


Рисунок 1.8 – Свердло SCD 040-017-060 AP3N

Таблиця 1.7 – Параметри свердла SCD 040-017-060 AP3N

DC	DCONMS	OAL	LU	LCF	PL	LS
4.00	6.00	66.00	17.00	25.0	0.600	35.0

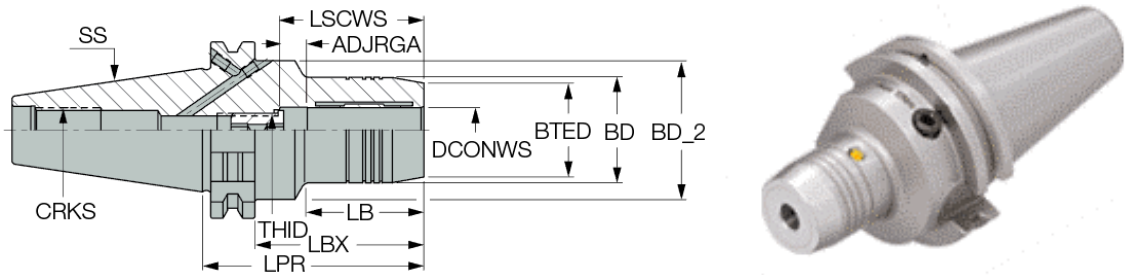


Рисунок 1.9 - Патрон DIN69871 40 HYDRO 6X68 CX

Таблиця 1.8 – Параметри патрона DIN69871 40 HYDRO 6X68 CX

SS	DCONWS	BTED	BD	BD_2	LPR	LBX	LB	ADJRGA	LSCWS	THID	CRKS
40	6	23	26	50	68	49	33	11	38	M5	M16

За рекомендованими значеннями інструменту по [12] визначаємо швидкість різання, що допускається різальними властивостями інструменту. З інтервалу 25...75м/хв приймаємо  $V = 30$  м/хв.

Визначаємо частоту обертання шпинделя, яка відповідає знайденій швидкості головного руху різання в  $\text{хв}^{-1}$  по формулі (1.28):

$$n = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 4} = 2388 \text{ хв}^{-1}.$$

Одержані значення частоти обертів, коректуємо за паспортом верстату по [11], приймаємо найближче менше значення  $n_{\text{вТ}} = 2000 \text{ хв}^{-1}$ .

Визначаємо дійсну швидкість різання в м/хв, відповідно до прийнятій частоті обертання за формулою (1.29):

$$V_{\text{д}} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 2000}{1000} = 25,12 \text{ м/хв.}$$

Дійсне значення різання входить у проміжок рекомендованої швидкості.

Знаходимо силу різання та крутний момент при свердлінні за формулами:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S_o^y \cdot K_p, \text{ Н} \quad (1.42)$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S_o^y \cdot K_p, \text{ Н} \quad (1.43)$$

де  $C_p, q, y, C_M, q, y$ , – визначаємо по [7, стр.281, табл.32];  $C_p = 68, q = 1,0, x-, y = 0,7$ ; – для сили різання,  $C_M = 0,0345, q = 2,0, x-, y = 0,8$ ; – для крутного моменту.

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 4^{1,0} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 1,28 = 694,7 \text{ Н.}$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4^{2,0} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 1,28 = 1,41 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Визначаємо потужність, витрачену на різання в кВт за формулою:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750}, \quad (1.44)$$

$$N = \frac{1,41 \cdot 2000}{9750} = 0,30 \text{ кВт}$$

Визначаємо режим різання перевіряємо по потужності верстату за умовою та формулою (1.33):

$$N_{\text{шп}} = 12 \cdot 0,8 = 9,6 \text{ кВт} > 0,30 \text{ кВт} \text{ – умова виконується}$$

Визначаємо машинний час при свердлінні за формулою:

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot S_o} \cdot i, \text{ хв} \quad (1.45)$$

$$y = 0,5 \cdot D, \text{ мм} \quad (1.46)$$

$$y = 0,5 \cdot 4 = 2 \text{ мм}$$

$$L = 3,5 + 2 + 5 = 10,5 \text{ мм}$$

$$t_0 = \frac{10,5}{2000 \cdot 0,1} \cdot 2 = 0,11 \text{ хв}$$

### 1.6.3 Операція 050 – Токарна з ЧПК

Визначаємо режими різання та основного часу табличним способом на операцію 050 – токарну з ЧПК (рис.1.10). Обробка виконується на верстаті з ЧПК MAST ML 500x1000 SH8 [11].

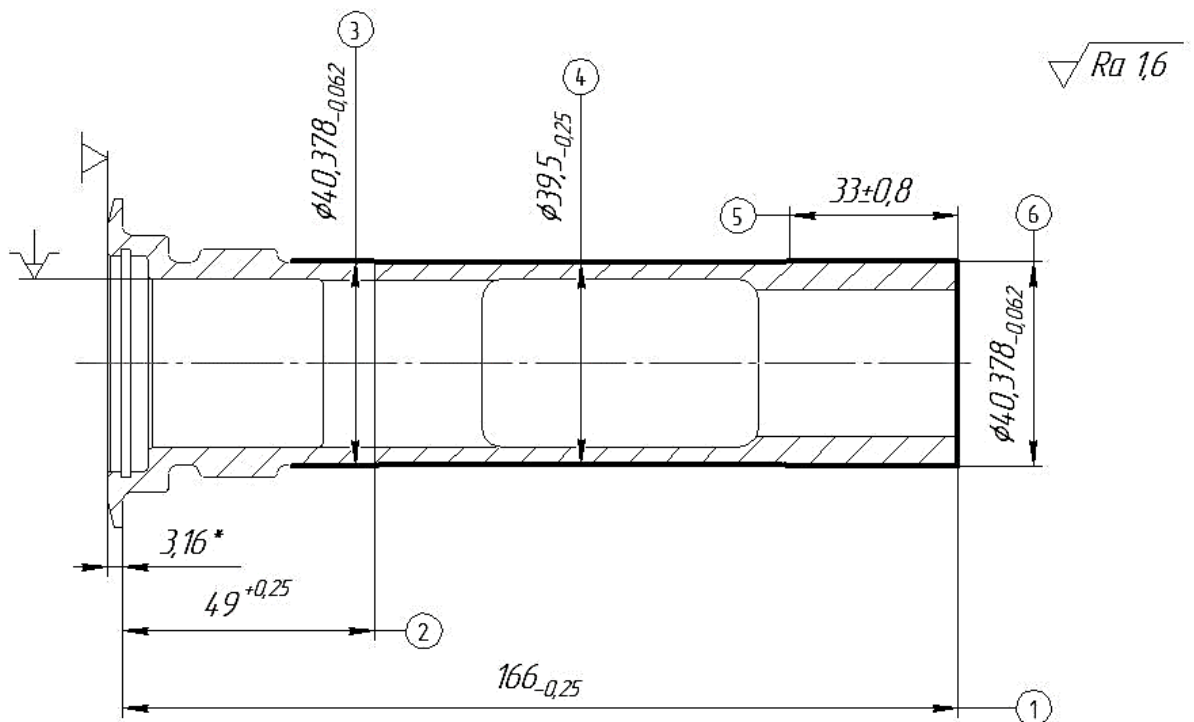


Рисунок 1.10 – Ескіз до обробки на операції 050 – токарну з ЧПК

Для переходу 1 – підрізка торця, витримуючи розмір 6, обираємо інструмент для верстатів з ЧПК за каталогом [12]:

- державка SLANL 1616H-11 TANG (рисунок 1.11), геометричні параметри вказані у таблиці 1.9;
- ріжуча пластина LNMX 110408L-НТ (рисунок 1.12), геометричні параметри вказані у таблиці 1.10;
- різцетримач С3 ADE 16L (рисунок 1.13), геометричні параметри вказані у таблиці 1.11;

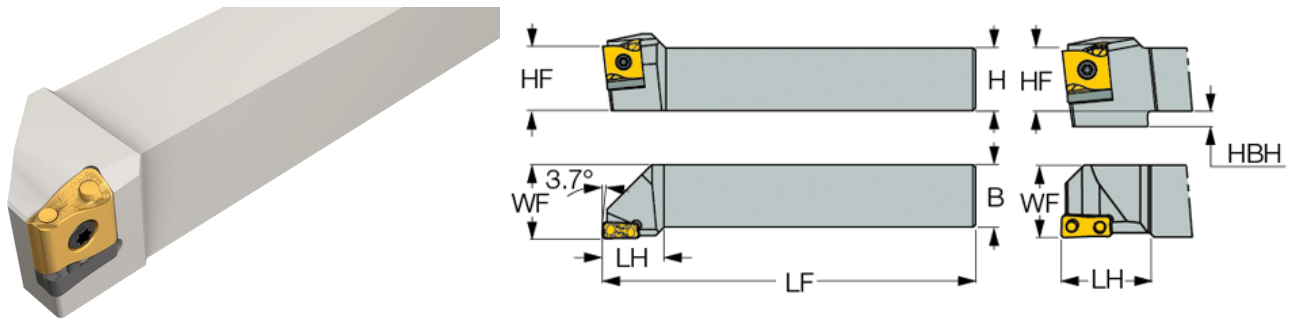


Рисунок 1.11 - Державка SLANL 1616H-11 TANG

Таблиця 1.9 - Геометричні параметри державки SLANL 1616H-11 TANG

H	HF	B	LF	LH	WF	GAMP	GAMF	HAND
16.0	16.0	16.0	100.00	20.0	20.00	-6.0	-6.0	L

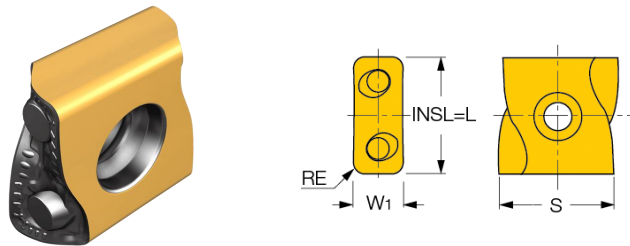


Рисунок 1.12 - Ріжуча пластина для обробки нержавіючої сталі LNMX 110408L-НТ

Таблиця 1.10 - Геометричні параметри ріжучої пластини LNMX 110408L-НТ

W1	INSL	S	RE	IH	ft (min)	ft (max)	ap (min)	ap (max)
4.75	11.00	11.40	0.80	L	0.15	0.60	0.50	5.00

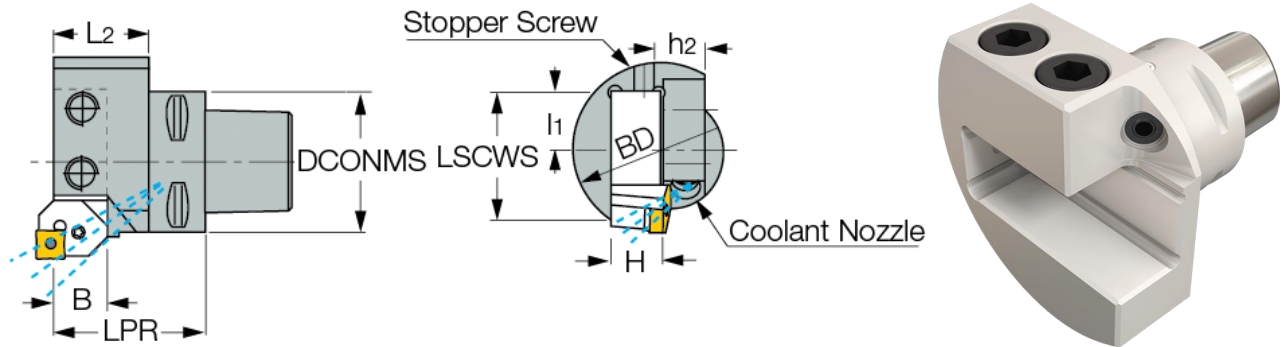


Рисунок 1.13 - Різцетримач С3 ADE 16L

Таблиця 1.11 - Геометричні параметри різцетримача С3 ADE 16L

DCONMS	LPR	L2	B	BD	LSCWS	l1	H	h2
32.00	45.00	28.10	16.0	65.00	45.0	20.00	16.0	20.0

З табл.1.10 з діапазону 0,15...0,6 вибираємо подачу  $S_0 = 0,2$  мм/об.

Рекомендована швидкість різання, яка допускається властивостями ріжучої пластини знаходиться у діапазоні 90...210 м/хв. Приймаємо 100 м/хв.

Визначаємо глибину різання для переходу:

$$t = 166,6 - 166 = 0,6 \text{ мм}$$

Визначаємо частоту обертів оброблюваної деталі, яка відповідає знайденій швидкості головного руху різання за формулою (1.23):

$$n = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 41,04} = 776$$

Так як верстат з ЧПК має безступінчасте регулювання частоти обертання, приймаємо  $n_{\text{вг}} = 770$  хв<sup>-1</sup>.

Визначаємо дійсну швидкість різання за формулою (1.24):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 41,04 \cdot 770}{1000} = 99,2 \text{ м/хв}$$

Дійсна швидкість різання входить у рекомендований діапазон.

Визначаємо силу різання  $P_z$  за формулою (1.25):

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,6^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 99,2^0 \cdot 1,25 = 672,9 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність, витрачену на різання за формулою (1.27):

$$N = \frac{672,9 \cdot 99,2}{1020 \cdot 60} = 1,09 \text{ кВт}$$

Так як  $1,09 \text{ кВт} < 22 \text{ кВт}$  – умова виконується.

Визначаємо машинний час за формулою (1.29):

$$t_0 = \frac{5,4 + 0,6 + 3}{770 \cdot 0,2} \cdot 1 = 0,06 \text{ хв}$$

Загальний час обробки на операції складає  $0,93 \text{ хв}$ .

## 1.7 Технічне нормування операцій

### 1.7.1 Операція 015 - Токарна

Допоміжний час визначається за формулою:

$$t_{\text{доп}} = t_y + t_{\text{упр}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.47)$$

де  $t_y$  - час на установку і зняття деталі, [13, стор.138, к.51];

$t_{\text{упр}}$  - час на управління верстатом, [13, стор.152, к.60];

$t_{\text{контр}}$  - час на контроль оброблених поверхонь, [13, стор.160, к.64];

$$t_{\text{доп}} = 0,1 + 0,1 + (0,08 + 0,18) = 0,46 \text{ хв}$$

Оперативний час визначається за формулою:

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{доп}}, \quad (1.48)$$

$$t_{\text{оп}} = 0,74 + 0,46 = 1,2 \text{ хв}$$

Додатковий час визначається за формулою:

$$t_{\text{дод}} = (\alpha_{\text{тех}} + \alpha_{\text{відп}}) \cdot t_{\text{оп}}, \quad (1.49)$$

де  $\alpha_{\text{тех}}$  - відсоток від оперативного часу, необхідний на технічне обслуговування, хв; [13, стор.136, к.49];

$\alpha_{\text{відп}}$  - відсоток від оперативного часу, необхідний для відпочинку, хв; [13, стор.136, к.49];

$$t_{\text{дод}} = (0,06 + 0,04) \cdot 1,2 = 0,12 \text{ хв}$$

Штучний час визначається за формулою:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{дод}}, \quad (1.50)$$

$$t_{\text{шт}} = 1,2 + 0,12 = 1,32 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час визначається за формулою:

$$t_{\text{пз}} = t_{\text{пз1}} + t_{\text{пз2}} + t_{\text{пз3}}, \quad (1.51)$$

де  $t_{\text{пз1}}$ -норматив часу на наладку верстата і пристосування,  $t_{\text{пз1}} = 14$  хв; [13, стор.135, к.49];

$t_{\text{пз2}}$ -норматив часу на установку ріжучого інструменту,  $t_{\text{пз2}} = 7$  хв; [13, стор.135, к.49];

$t_{\text{пзз}}$ -норматив часу на отримання ріжучого інструменту і здача його після закінчення зміни,  $t_{\text{пзз}} = 8$  хв; [13, стор.135, к.49];

$$t_{\text{пз}} = 14 + 7 + 8 = 29 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$t_{\text{шк}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{пз}}}{n}, \quad (1.52)$$

$$t_{\text{шк}} = 1,32 + \frac{35}{40} = 2,20 \text{ хв}$$

### 1.7.2 Операція 070 – Горизонтально-свердлильна з ЧПК

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.51), при цьому  $t_y = 0,03$ , [13, стор.438, к.63];  $t_{\text{упр}} = 0,07$  [13, стор.440, к.64];  $t_{\text{контр}} = 0,01$ , [13, стор.446, к.67].

$$t_{\text{доп}} = 0,03 + 0,07 + 0,01 = 0,11 \text{ хв}$$

Оперативний час визначаємо за формулою (1.52):

$$t_{\text{оп}} = 0,11 + 0,11 = 0,22 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час за формулою (1.53), де  $\alpha_{\text{тех}}$  визначаємо по [13, стор.422, к.56],  $\alpha_{\text{відп}}$  по [13, стор.422, к.56].

$$t_{\text{дод}} = (0,07 + 0,03) \cdot 0,22 = 0,02 \text{ хв}$$

Штучний час визначаємо за формулою (1.54):

$$t_{шт} = 0,22 + 0,02 = 0,24 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час визначаємо за формулою (1.55), де  $t_{пз1} = 17$  хв, [13, стор.422, к.56];  $t_{пз2} = 2$  хв, [13, стор.422, к.56];  $t_{пз3} = 7$  хв, [13, стор.422, к.56].

$$t_{пз} = 17 + 2 + 7 = 26 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою (1.56):

$$t_{шк} = 0,24 + \frac{26}{35} = 0,98 \text{ хв}$$

### 1.7.3 Операція 050 – Токарна з ЧПК

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.51), при цьому  $t_y = 0,07$ , [13, стор.56, к.5];  $t_{упр} = 0,32$  [13, стор.79, к.14];  $t_{контр} = 0,4$ , [13, стор.81, к.15].

$$t_{доп} = 0,07 + 0,32 + 0,40 = 0,79 \text{ хв}$$

Оперативний час визначаємо за формулою (1.52):

$$t_{оп} = 0,93 + 0,79 = 1,72 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час за формулою (1.53), де  $\alpha_{тех}$  визначаємо по [13, стор.91, к.16],  $\alpha_{відп}$  по [13, стор.92, к.17].

$$t_{дод} = (0,07 + 0,04) \cdot 1,72 = 0,19 \text{ хв}$$

Штучний час визначаємо за формулою (1.54):

$$t_{шт} = 1,72 + 0,19 = 1,91 \text{ хв}$$

Підготовчо-заклучний час визначаємо за формулою (1.55), де  $t_{пз1} = 13$  хв, [13, стор.96, к.21];  $t_{пз2} = 5$  хв, [13, стор.97, к.21];  $t_{пз3} = 6$  хв, [13, стор.104, к.28].

$$t_{пз} = 13 + 5 + 6 = 24 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою (1.56):

$$t_{шк} = 1,91 + \frac{24}{35} = 2,58 \text{ хв}$$

Всі розрахунки норм часу зводимо у таблицю 1.12.

Таблиця 1.12 – Норми часу по операціям

№ оп.	Найменування операції	Обладнання	$t_0$ , хв	$t_{доп}$ , хв	$t_{оп}$ , хв	$t_{дод}$ , хв	$t_{шт}$ , хв	$t_{пз}$ , хв	$t_{ш.к}$ , хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
015	Токарна	16Б16П	0,74	0,46	1,2	0,12	1,32	29	2,15
020	Токарна	16Б16П	1,13	0,47	1,6	0,16	1,76	29	2,59
030	Токарна з ЧПК	MAST ML 500x1000 SH8	1,21	0,69	1,9	0,19	2,09	24	2,78
035	Токарна з ЧПК	MAST ML 500x1000 SH8	1,17	0,72	1,89	0,19	2,08	24	2,76
045	Токарна з ЧПК	MAST ML 500x1000 SH8	1,01	0,65	1,66	0,17	1,83	24	2,51

Продовження таблиці 1.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
050	Токарна з ЧПК	MAST ML 500x1000 SH8	0,93	0,79	1,72	0,17	1,89	24	2,58
070	Горизонтально - свердлильна з ЧПК	HAAS EC-1600	0,11	0,11	0,22	0,02	0,24	26	0,98
075	Довбальна	7A420	1,48	1	2,48	0,25	2,73	31	3,61
080	Горизонтально - фрезерна з ЧПК	HAAS EC-1600	0,32	0,3	0,62	0,06	0,68	27	1,45
085	Довбальна	7A420	1,33	1,02	2,35	0,24	2,59	31	3,47
105	Кругло- шліфувальна	3M131	1,46	0,96	2,42	0,24	2,66	29,5	3,50
110	Внутрішньо- шліфувальна	3K228B	1,26	0,72	1,98	0,20	2,18	29,5	3,02
115	Кругло- шліфувальна	3M131	0,88	0,47	1,35	0,14	1,49	29,5	2,33

### 1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

Керуючу програму розробляємо для операції 070 – горизонтально-свердлильній з ЧПК, де відбувається свердління отворів. Розробку виконуємо у конструкторському пакеті Siemens NX.

На початку проєктування необхідно створити 3д модель деталі, яка буде утворюватись після обробки. (рис.1.14)

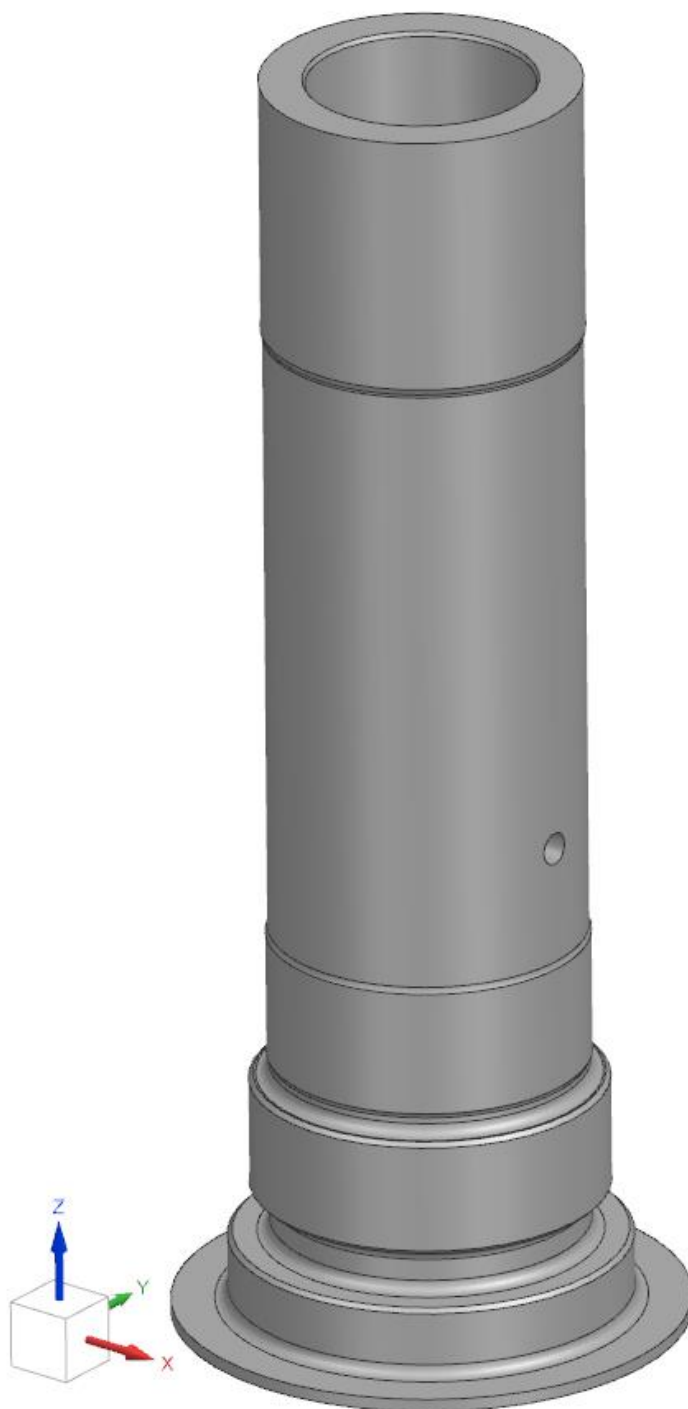


Рисунок 1.14 – Створення 3д моделі деталі після обробки

Після створення деталі виконуємо налаштування системи координат. (рис.1.15).

Наступний етап – створення ріжучого інструменту – свердло  $\varnothing 4$ . Свердління буде відбуватись наскрізно, тобто 2 отвори одразу.

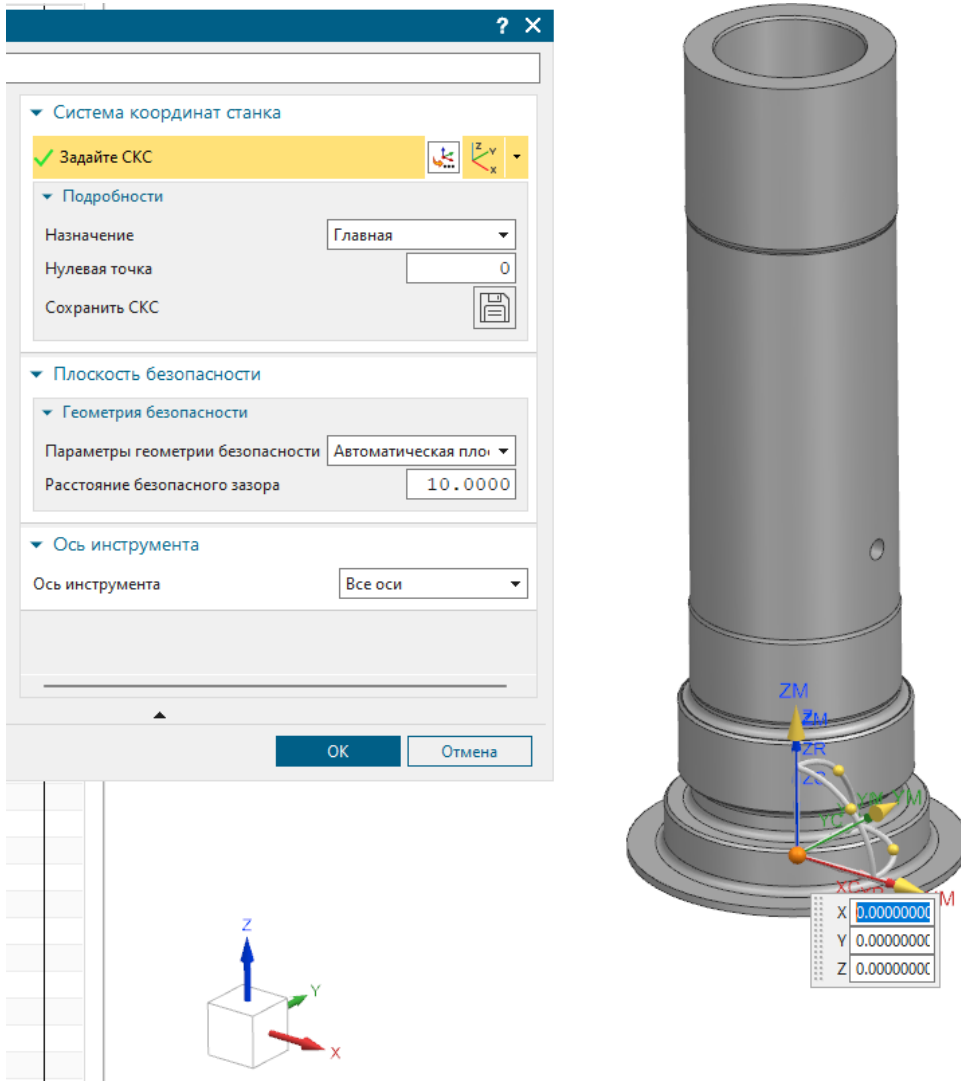


Рисунок 1.15 – Налаштування систем координат

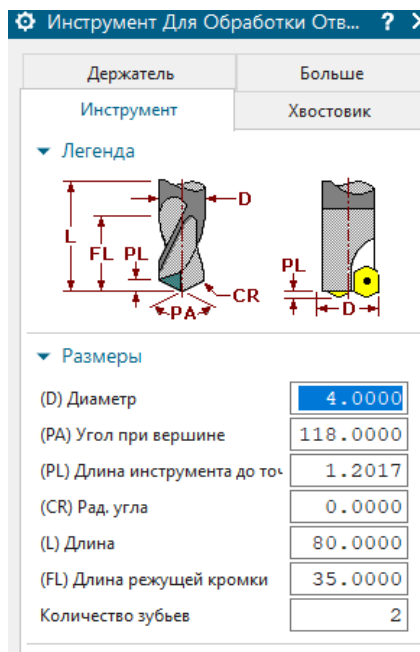


Рисунок 1.16 – Створення ріжучого інструменту

Після всіх налаштувань, генеруємо КП для операції у постпроцесорі. Результат генерації та керуюча програма показана у Додатку Б.

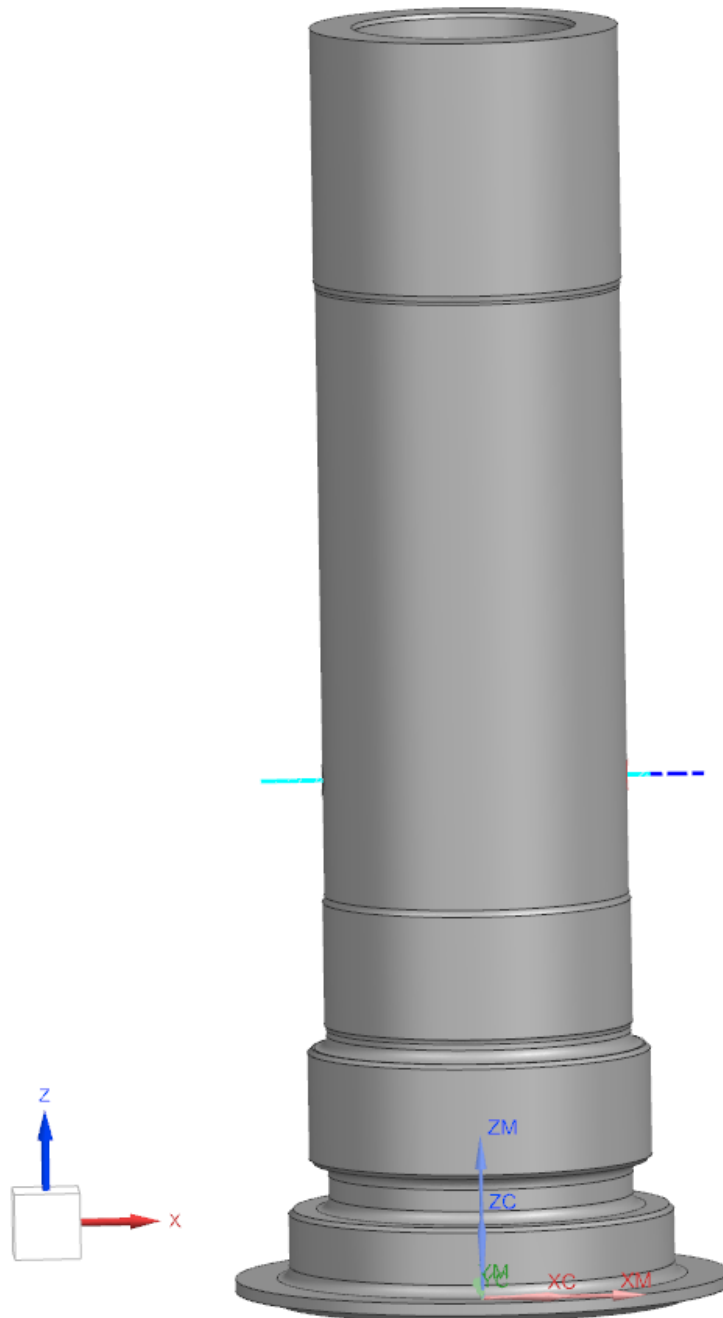


Рисунок 1.17 – Створення траєкторії руху інструмента

## 2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 2.1 Проектування робочого пристосування

На операції 070 – горизонтально-свердлильній з ЧПК використовується пневматичне пристосування для свердління 2-х отворів (рис. 2.1). Пристосування встановлюється на столі верстата HAAS EC-1600.

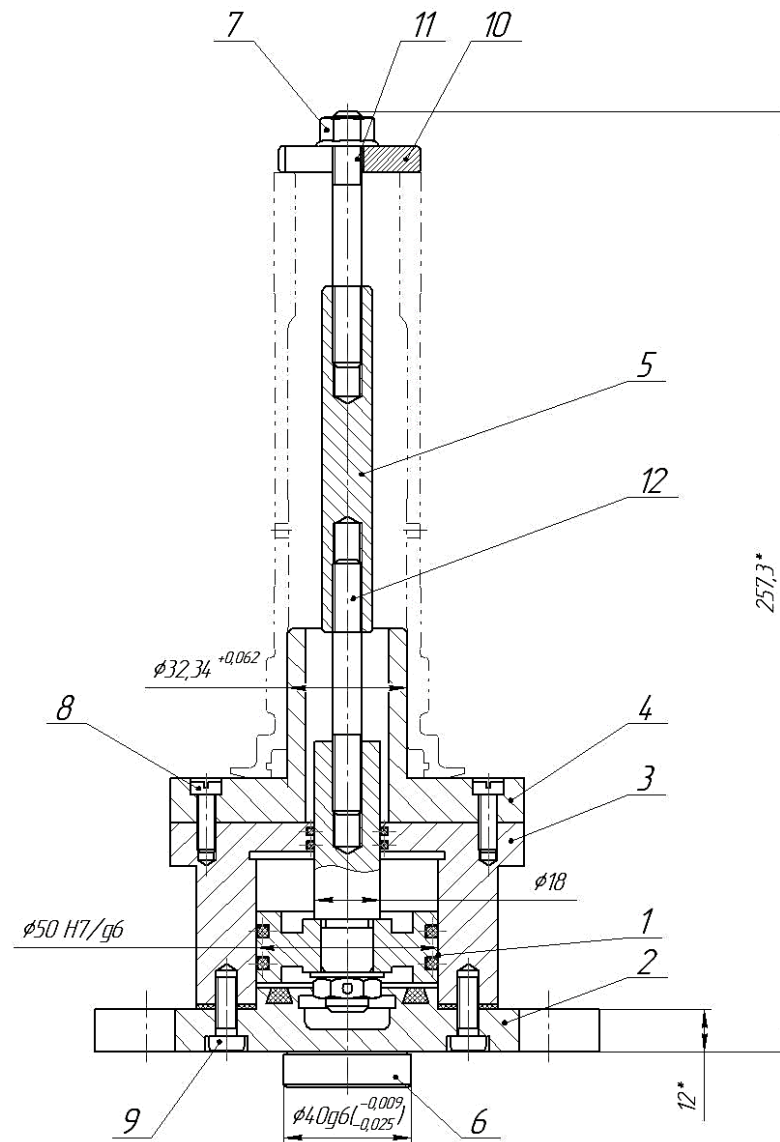


Рисунок 2.1 – Ескіз пристосування для свердління

Для затиску деталі «Вал» на операції використовуємо пристрій з пневмоциліндром.

Пневматичні приводи поділяються за видом пневмодвигуна на поршневі і діафрагмові, за схемою дії - на одно-і двосторонні, за методом компоновання з

пристосуванням - на вбудовані та агрегатовані, за видом установки - на стаціонарні і обертові, за кількістю приводів - на одинарні та здвоєні.

До переваг приводів слід віднести швидкість дії (0,5 ... 1,2 с), сталість зусилля затиску і можливість його регулювання, простоту конструкції та експлуатації, незалежність працездатності від коливань температури навколишнього середовища.

Оптимальна робоча швидкість виконавчого механізму під час застосування пневмоприводу становить 0,1...2 м/с. При менших швидкостях виникають вібрації і нерівномірність ходу. Економічно доцільно застосування пневмоприводу в механізмах із зусиллям до 30 кН і пневмоциліндрів з максимальним діаметром 250 мм.

Недоліками пневмоприводу є досить низький коефіцієнт корисної дії, великі габарити в порівнянні з гідроприводом (через застосування низького тиску повітря), нерівномірність переміщення робочих органів, особливо при змінних зусиллях, неможливість зупинки в середині ходу.

Циліндри виготовляються одно- та двосторонньої дії. У циліндрах односторонньої дії зворотний хід здійснюється пружиною, що забезпечує економію стисненого повітря до 40%.

### 2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Пристосування складається з пневмоциліндра 1, оправки 4, на яку встановлюється деталь. До плити 2 закріплюється корпус 3, у який монтується пневмоциліндр.

Пристосування встановлюється на столі верстата та центрується за допомогою центратора 6. Закріплюється пристосування гвинтами М16 за Т-образні пази стола верстата.

Принцип роботи пристосування полягає у тому, що при потраплянні стислого повітря у верхню частину пневмоциліндра 1, поршень зі штоком зміщується вниз. У шток вгвинчена шпилька 12, яка з'єднана з іншою шпилькою 11 за допомогою

перехідника 5. Зусилля, яке передається через шпильки 11 та 12 на гайку 7 та на шайбу 10, допомагає закріпити деталь. При потраплянні стислого повітря у нижню частину пневмоциліндра поршень зі штоком зміщується вгору, внаслідок чого сила затиску послаблюється та деталь розкріплюється.

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність

Деталь «Вал» встановлюється на жорсткий циліндричний палець з вертикальною віссю і площину (рис. 2.2).

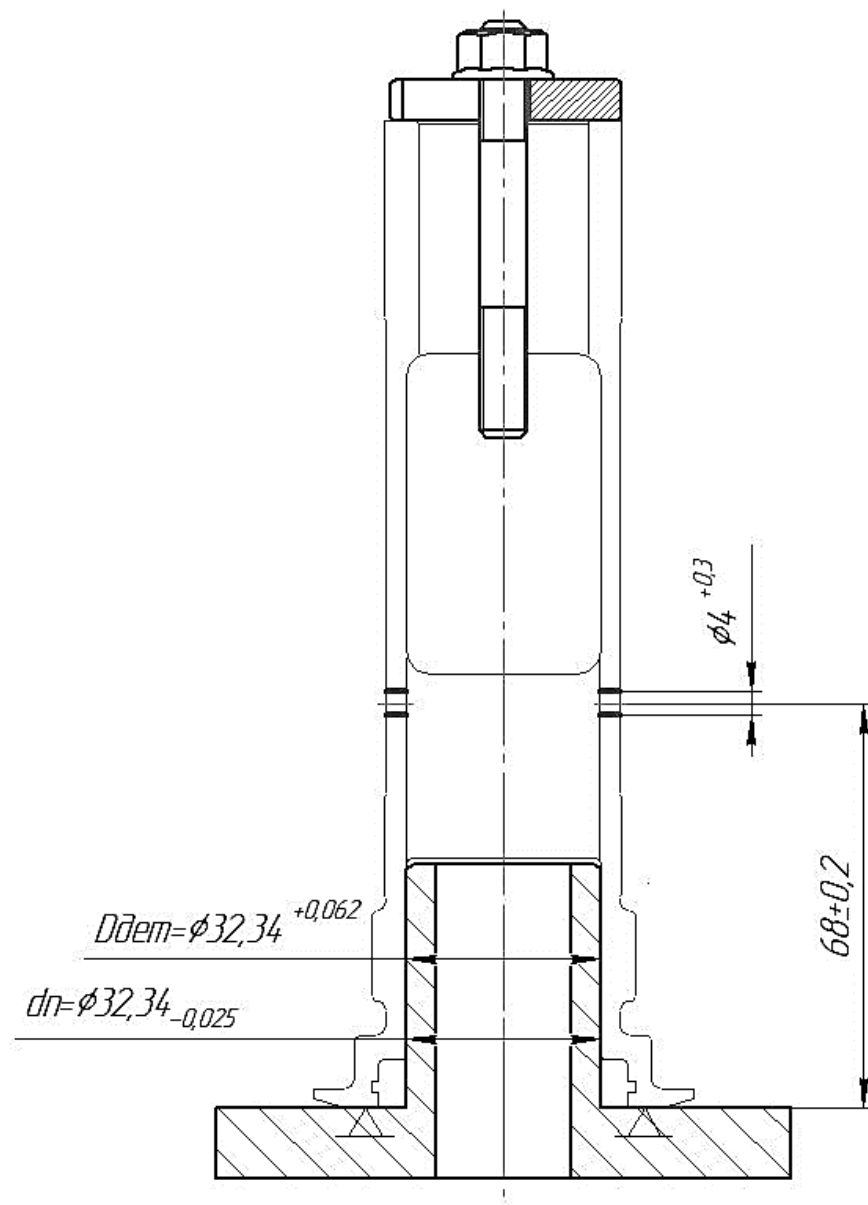


Рисунок 2.2 – Схема встановлення деталі жорсткий циліндричний палець.

Визначаємо похибку встановлення на розмір  $68 \pm 0,2$  під час свердління по [14, стр.51].

Похибка встановлення визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (2.1)$$

де  $\varepsilon_3$  — частина загальної похибки встановлення, викликана зміщенням вимірювальної бази відносно встановленого на розмір ріжучого інструмента під дією прикладених сил закріплення;

$\varepsilon_6$  — частина загальної похибки встановлення, викликана неспівпадінням вимірювальної та налагоджувальної баз.

Похибка базування на розмір  $68 \pm 0,2$  буде дорівнювати нулю, так як вимірювальна база та встановлювальна співпадають  $\varepsilon_6 = 0$ .

Похибка закріплення по [14, стр.51] складає  $\varepsilon_3 = 30$  мкм.

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{0^2 + 0,03^2} = 0,03 \text{ мм}$$

Так як похибка встановлення менша за допуск на виготовлення  $68 \pm 0,2$  ( $T_d = 0,4$  мм), то даний спосіб встановлення можна використовувати при обробці.

Визначимо розмір установка при свердлінні діаметра  $\varnothing 4^{+0,3}$  на розмір  $68 \pm 0,2$  (рис. 2.3). Товщина щупа  $S = 3_{-0,006}$  мм. Розрахунок виконуємо згідно рекомендаціям [14, стр.80].

Визначаємо середній розмір обробки отвору:

$$\frac{B_{\text{ср}}}{2} = \frac{\left(B + \frac{TB}{2}\right)}{2} \quad (2.4)$$

де  $TB$  — допуск на виготовлення отвору,  $TB = 0,3$  мм;

$$\frac{B_{\text{cp}}}{2} = \frac{(4 + \frac{0,3}{2})}{2} = 2,075 \text{ мм}$$

Визначаємо середній розмір висоти установка:

$$H_{\text{cp}} = B_{\text{cp}} + S \quad (2.5)$$

$$H_{\text{cp}} = 2,075 + 3 = 5,075 \text{ мм}$$

Визначаємо допуск на виготовлення установка по формулі:

$$T_H = T_{\text{т.т.}} - k_2 \cdot \omega \quad (2.6)$$

де  $T_{\text{т.т.}}$  – допуск на відхилення вісі відносно отвору,  $T_{\text{т.т.}} = 0,3 \text{ мм}$ ;

$k_2$  – коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки в загальній похибки, спричиненої факторами, незалежними від конструкції пристосування;  $k_2 = 0,6 \dots 0,8$ ;

$\omega$  – середня економічна точність обробки., визначаємо по [14, табл.5.5].

$$T_H = 0,3 - 0,6 \cdot 0,02 = 0,288 \text{ мм}$$

Приймаємо  $T_H = 0,2 \text{ мм}$ .

Визначаємо виконавчий розмір установка:

$$\boxed{H} = 5,075^{+0,2} \text{ мм}$$

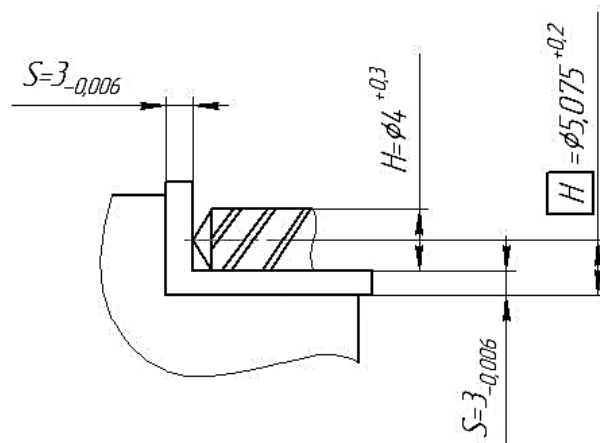


Рисунок 2.3 – Схема налаштування інструмента для свердління

### 2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Розрахунок зусилля затиску виконуємо відносно попередньо розрахованої сили різання та крутного моменту, які складають  $P_0 = 694,7$  Н, крутний момент  $M_{кр} = 1,41$  Нм.

Зусилля затиску визначаємо за формулою [14, стр.104]:

$$W = \frac{3 \cdot k \cdot P_z \cdot (D^2 - d^2)}{f \cdot (D^3 - d^3)}, \quad (2.7)$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу;

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (2.8)$$

де  $k_0$  - гарантований коефіцієнт запасу закріплення [14, стр.100];  $k_0 = 1,5$ ;

$k_1$  - коефіцієнт, що враховує зміну сил різання в процесі обробки [14, стр.100];  $k_1 = 1,0$ ;

$k_2$  - коефіцієнт, що залежить від виду обробки, оброблюваного матеріалу і нерівномірного зносу різального інструменту [14, стр.101],  $k_2 = 1,0$ ;

$k_3$  - коефіцієнт, що враховує умови переривчастого виду обробки, в умовах плавної обробки [14, стр.102],  $k_3 = 1,0$ ;

$k_4$  - коефіцієнт, що характеризує затискний пристрій з точки зору сталості сил затиску [14, стр.102],  $k_4 = 1,0$ ;

$k_5$  - коефіцієнт, що характеризує зручність розміщення рукоятки для ручних затискачів [14, стр.102],  $k_5 = 1,0$ ;

$k_6$  - коефіцієнт, враховується, коли розрахунок сил затиску здійснюється з урахуванням моментів різання і залежить від виду опорної поверхні пристосування [14, стр.102],  $k_6 = 1,0$ ;

$$k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,5$$

$$W = \frac{3 \cdot 1,5 \cdot 694,7 \cdot (53,6^2 - 42,7^2)}{0,16 \cdot (53,6^3 - 42,7^3)} = 538,74 \text{ Н}$$

Так як зусилля затиску діє в одному напрямку із зусиллям на штоці, то приймаємо  $W=Q$ .

Визначаємо зусилля затиску за формулою:

$$Q = \rho \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \eta, \quad (2.9)$$

де  $\rho$  - тиск повітря,  $\rho = 0,4$  Мпа;

$D$  – діаметр циліндра, мм;

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії,  $\eta=0,85$ ;

Із цієї формули визначаємо формулу діаметра циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\rho \cdot \pi \cdot \eta}}, \quad (2.10)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 538,74}{0,4 \cdot 3,14 \cdot 0,85}} = 44,93 \text{ мм}$$

Згідно ГОСТ 15608-81 приймаємо діаметр пневмоциліндра 50 мм, а діаметр штока 18 мм. Виходячи із стандартного діаметру пневмоциліндра розраховуємо дійсне зусилля затиску:

$$Q = 0,4 \frac{3,14 \cdot 50^2}{4} \cdot 0,85 = 667,3 \text{ Н}$$

Необхідна сила затиску складає 538,74 Н, а дійсна сила затиску 667,3 Н, то цієї сили достатньо для затиску деталі та даний пристрій забезпечить достатній затиск деталі для запобігання зсуву заготовки з пристрою.

## 2.2 Проектування і принцип роботи контрольного пристосування

Контрольні пристосування служать для контролю розмірів окремих поверхонь деталі і точності їх взаємного розташування, для контролю за якістю і стабільністю технологічного процесу, в тому числі і з метою управління ним, для перевірки відстаней між деталями складальної одиниці, між складальними одиницями машини або між осями, для перевірки конфігурації, коректності положення деталей або складальних одиниць, для контролю конструктивних характеристик, які утворюються в процесі складання, для визначення експлуатаційних параметрів деталей окремих машин і технічних характеристик виробу в цілому та ін.

Контрольно-вимірювальне пристосування являє собою особливу виробничий вимірювання і контролю - конструктивно поєднує базують, затискні і вимірювальні пристрої.

Головні вимоги до контрольно-вимірювальним пристосуванням:

- забезпечення оптимальної точності;
- зручність в експлуатації;
- технологічність у виготовленні;
- зносостійкість;
- економічна доцільність.

Контрольний пристрій призначен для перевірки радіального биття зовнішньої поверхні  $\varnothing 50 \pm 0,008$  відносно поверхні  $\varnothing 40g5$ , яке повинно складати не більше 0,02 мм. Ескіз контрольного пристосування зображено на рисунку 2.4.

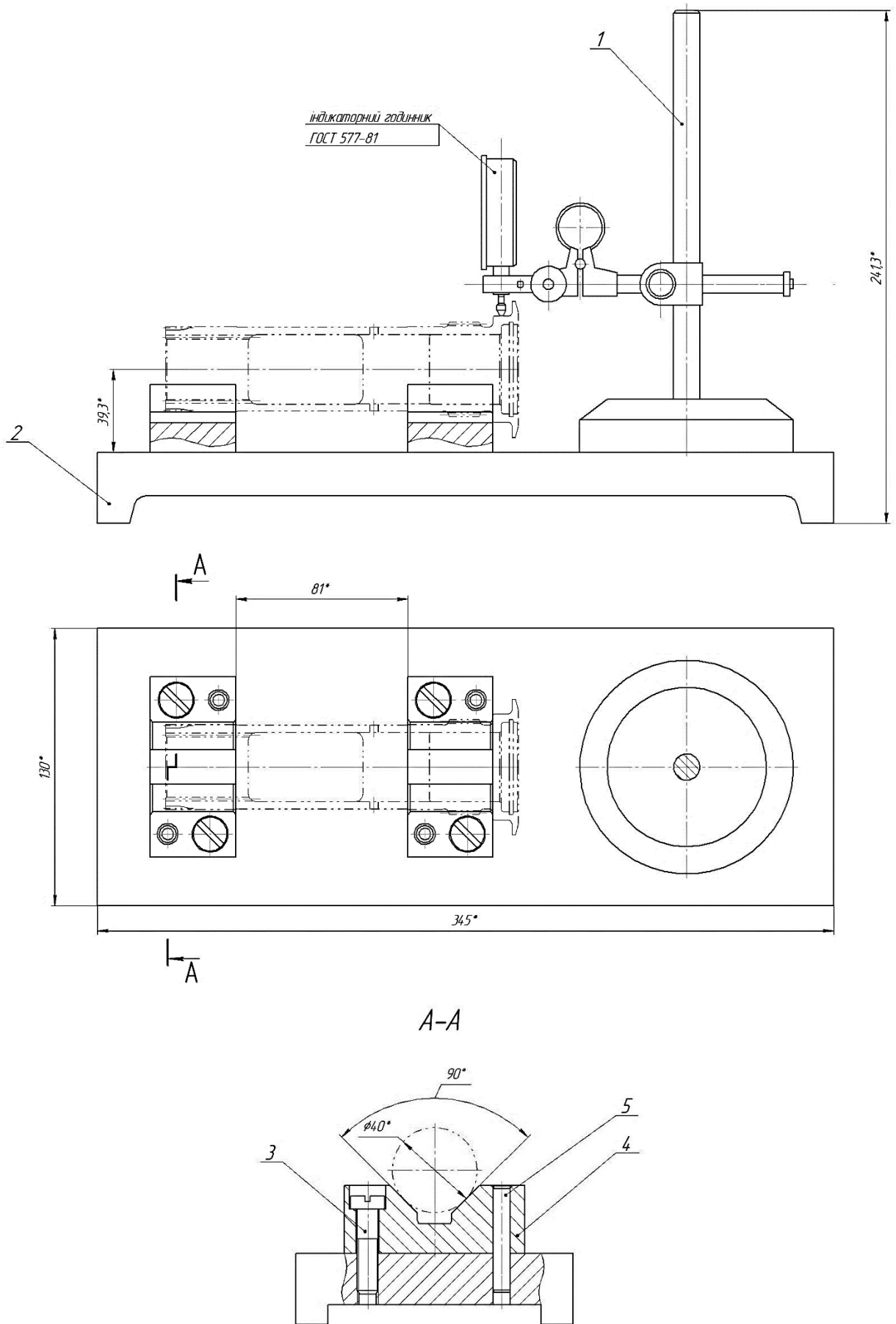


Рисунок 2.4 – Ескіз контрольного пристосування

Пристрій складається з плити 2, на яку встановлюються призми 4 та стійка 1. Деталь встановлюється у призми 5 поверхнями  $\varnothing 40g5$ , після чого до контролюємої поверхні підводиться стійка з індикаторним годинником та лімб виставляється на нуль. Далі деталь прокручують у призмах 5 та фіксують значення найбільшого та найменшого значень биття.

### 2.3 Розрахунок на міцність

Виконаємо розрахунок на міцність для шайби 10, яка використовується у пристосуванні свердлінні.

Запас міцності по напруженням визначаємо по [16, стр.194] за формулою:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{max}}, \quad (2.8)$$

де  $[\sigma]$  – допустимі значення згідно механічним властивостям матеріалу [16, стр.200, табл..9.1];

$\sigma_{max}$  – максимальне напруження, яке виникає у деталі;

$k$  – коефіцієнт запасу, для деталей пристосування  $k = 1,5 - 2,0$ ;

Таким чином напруження, яке виникає у деталі повинне відповідати формулі:

$$k \cdot \sigma_{max} \leq [\sigma] \quad (2.9)$$

Виконуємо перевірочний розрахунок у програмі ANSYS Workbench. Завантажуємо в програму 3д модель шайби, розбиваємо її на сітку, прикладаємо навантаження, які діють на неї, та виконуємо розрахунок.

Результат розрахунку показан на рисунку 2.5.

Розрахунок показав, що значення найбільшої напруги складає 102,36 МПа.

Допустиме значення матеріалу шайби (сталь 40X) при розтязі-стисканні складає 400 МПа, [16, стр.200, табл..9.1].

За формулою (2.9):

$$k \cdot \sigma_{max} = 1,5 \cdot 102,36 = 153,54 \text{ МПа}$$

$$153,54 \text{ МПа} \leq 400 \text{ МПа}$$

Таким чином, максимальна напруга менше за допустиму, це означає, що параметри деталі обрані правильно.

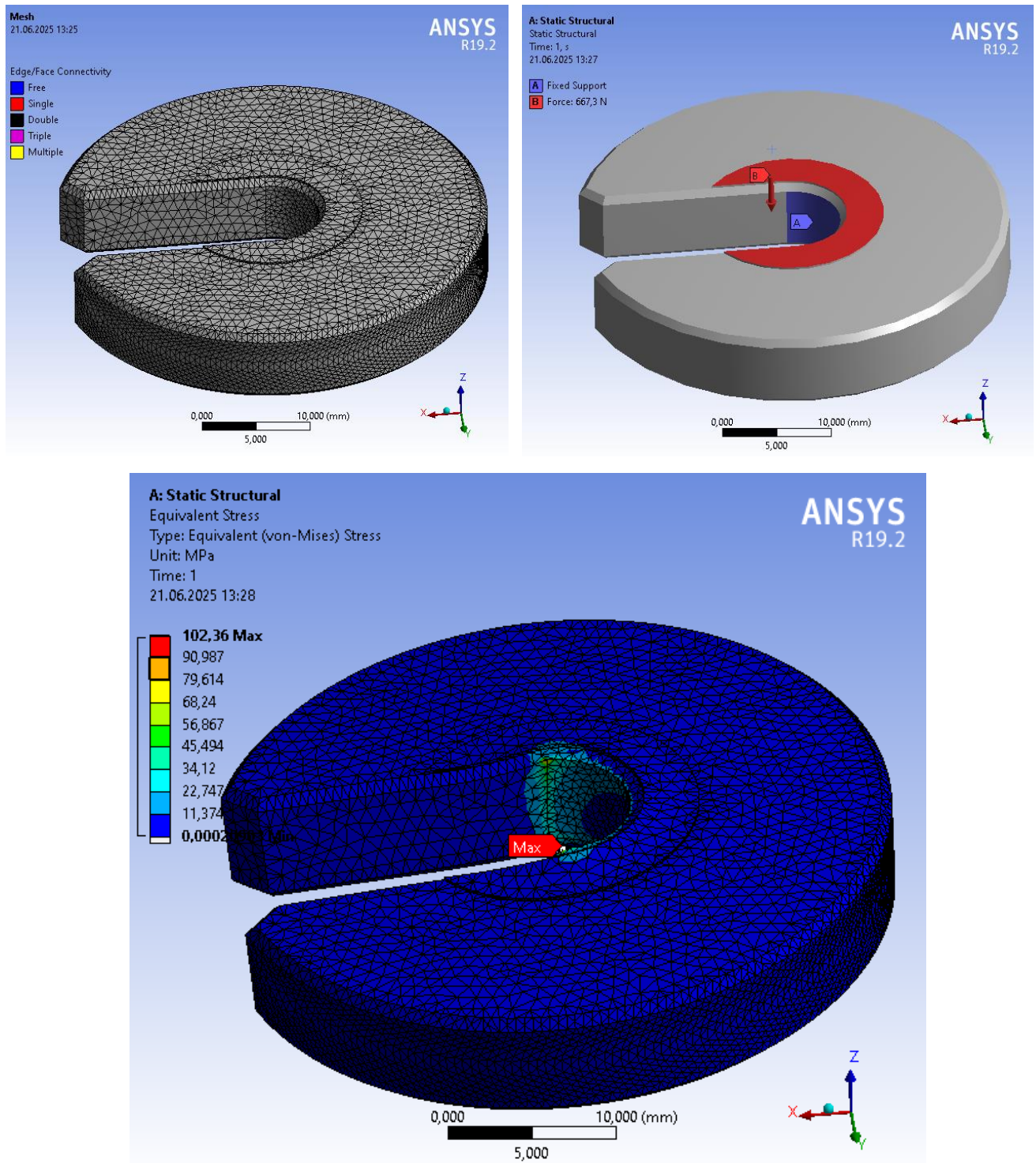


Рисунок 2.5 – Розрахунок на міцність шайби

### 3 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Розробка необхідної кількості технологічного обладнання

Орієнтуючись на задану програму випуску базової деталі  $N = 4500$  шт, попередньо призначаємо тип виробництва – серійне.

На дільниці окрім деталі «Вал виробляються наступні деталі: вал передній ( $N = 5000$  шт), ступиця ( $N = 5500$  шт), перехідник ( $N = 4500$  шт), вал шліцьовий ( $N = 3500$  шт).

Визначаємо розрахункову кількість верстатів за формулою:

$$S_{Pi} = \frac{\sum_{j=1}^l t_{ш.к.ij} \cdot N_i}{F_d \cdot m \cdot 60} \quad (3.1)$$

де  $i$  – номер технологічної операції;

$t_{ш.к.}$  –штучно-калькуляційний час, розрахований попередньо у розділі 1.7;

$m$  –кількість робочих змін;

Розраховуємо кількість верстатів для кожної механічної операції, та приймаємо цю кількість шляхом округлення до цілого числа.

$$S_{P015} = \frac{190149}{2004 \cdot 2 \cdot 60} = 0,79, \quad \text{приймаємо } S_{n015} = 1 \text{ верстат}$$

Аналогічно розраховуємо для інших операцій.

Розраховуємо коефіцієнт завантаження верстата за формулою:

$$k_{3i} = \frac{S_{Pi}}{S_{ni}} \quad (3.2)$$

де  $S_{Pi}$  –розрахункова кількість верстатів;

$S_{ni}$  –прийнята кількість верстатів;

$$k_{3015} = \frac{0,79}{1} = 0,79$$

Аналогічно розраховуємо для інших операцій.

Розраховуємо середній коефіцієнт завантаження дільниці за формулою:

$$\bar{k}_3 = \sum S_p / \sum S_n \quad (3.3)$$

$$\bar{k}_3 = 17,36/22 = 0,79$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Кількість обладнання та коефіцієнти завантаження обладнання

№ оп.	Найменування операції	Модель обладнання	$\sum_{j=1}^l t_{ш.к.ij} \cdot N_i$	$S_p$ , шт..	$S_n$ , шт..	$k_3$
1	2	3	4	5	6	7
015	Токарна	16Б16П	190149	0,79	1	0,79
020	Токарна	16Б16П	383109	1,59	2	0,80
030	Токарна з ЧПК	MAST ML 500x1000 SH8	388600	1,62	2	0,81
035	Токарна з ЧПК	MAST ML 500x1000 SH8	387060	1,61	2	0,80
045	Токарна з ЧПК	MAST ML 500x1000 SH8	376757	1,57	2	0,78
050	Токарна з ЧПК	MAST ML 500x1000 SH8	386657	1,61	2	0,80
070	Горизонтально-свердлильна з ЧПК	HAAS EC-1600	177274	0,74	1	0,74
075	Довбальна	7A420	361371	1,50	2	0,75
080	Горизонтально-фрезерна з ЧПК	HAAS EC-1600	188946	0,79	1	0,79
085	Довбальна	7A420	381779	1,59	2	0,79

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7
105	Круглошліфув.	3M131	385534	1,60	2	0,80
110	Внутрішньошліф.	3K228B	362503	1,51	2	0,75
115	Круглошліфув.	3M131	206015	0,86	1	0,86
	Всього:	-		17,36	22	$\bar{k}_3 = 0,79$

Будуємо графік завантаження обладнання (рисунок 3.1).

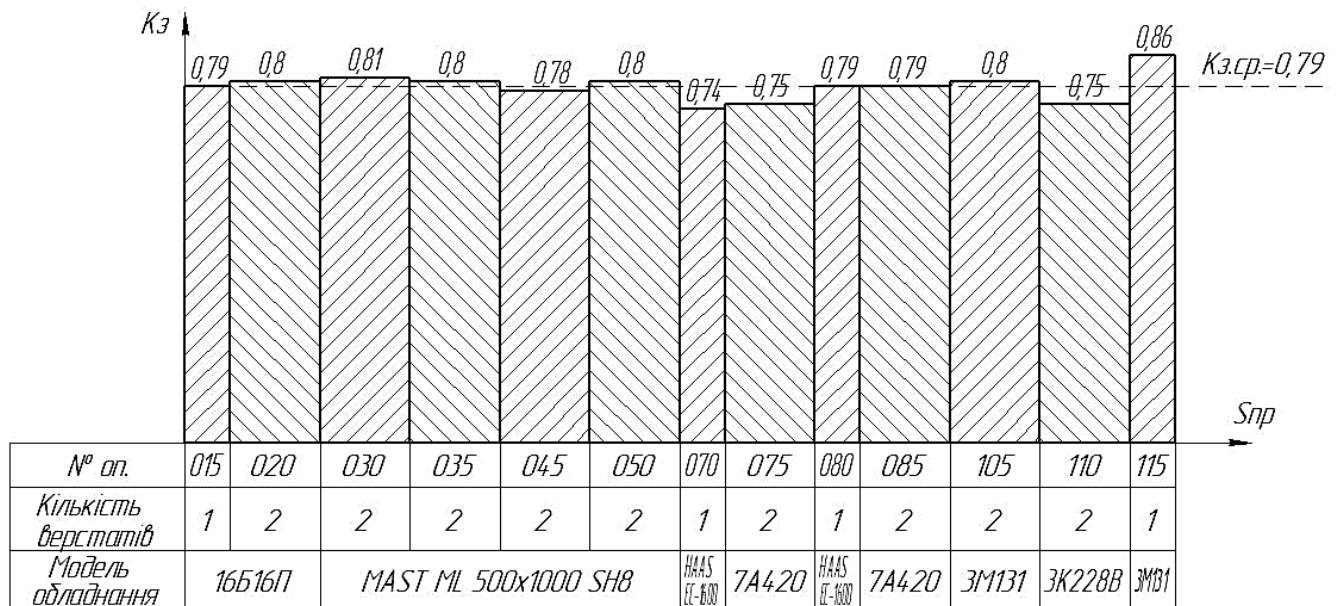


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

### 3.2 Визначення чисельності основних виробничих робітників

У серійному виробництві чисельність робітників-верстатників визначають шляхом аналізу структури штучного часу та побудови циклограми багатOVERстатного обслуговування.

БагатOVERстатне обслуговування використовується на верстатах з ЧПК, та може бути застосоване в тому випадку, якщо основний (машинно-автоматний) час на операцію більше суми допоміжного часу на інших операціях та часу, що використовується на переходи оператора від верстата до верстата, тобто:

$$t_{0 \max} \geq \sum t_{\text{доп}} + \sum t_{\text{пер}}, \quad (3.6)$$

де  $t_{\text{доп}}$  – допоміжний час на операції, хв.;

$t_{\text{пер}}$  – час, що використовується на переходи оператора від верстата до верстата, хв.  $t_{\text{пер}} = 0,2$  хв.;

Перевіряємо можливість застосування багатостатного обслуговування для операцій з ЧПК:

Оп.030:  $1,21 \geq 0,69 + 0,2 = 0,89$  – умова виконується;

Оп.035:  $1,17 \leq 0,72 + 0,2 = 0,92$  – умова виконується;

Оп.045:  $1,01 \geq 0,65 + 0,2 = 0,85$  – умова виконується;

Оп.050:  $0,93 \geq 0,79 + 0,2 = 0,99$  – умова не виконується;

Оп.070:  $0,11 \geq 0,11 + 0,2 = 0,31$  – умова не виконується;

Оп.080:  $0,32 \geq 0,3 + 0,2 = 0,6$  – умова не виконується;

Розраховуємо кількість верстатів, яке може обслужити один робітник у попередньо прийнятій зоні обслуговування, за формулою:

$$m_s = \frac{t_{\text{оп max}}}{t_{\text{обс}} + t_{\text{пер}}} \quad (3.7)$$

де  $t_{\text{оп max}}$  – максимальний оперативний час на верстатах, намічених до об'єднання в зону обслуговування;

$t_{\text{пер}}$  – час, затрачуване перехід від верстата до верстата,  $t_{\text{пер}} = 0,2$  хв;

$t_{\text{обс}}$  – час обслуговування робочим оператором верстата, тобто час, що витрачається на встановлення, закріплення та зняття деталі, керування верстатом, контроль якості обробки та інші ручні та машинно-ручні прийоми.

Число операторів в зоні багатостатного обслуговування:

$$R_i = \frac{S_i}{m_{si}} \quad (3.6)$$

де  $S_i$  – кількість прийнятих верстатів на операції, що перевіряється;

$i$  – номер зони обслуговування;

Для інших операцій розрахунок кількості основних виробничих робітників визначаємо за формулою:

$$R = \frac{\sum t_{\text{шт.к.}} \cdot N}{F_{\text{др}} \cdot 60} \quad (3.7)$$

де  $F_{\text{др}}$  – фонд роботи працюючих,  $F_{\text{др}} = 2004$  год;

$$m_{s\ 030} = \frac{1,9}{0,19 + 0,2} = 4,9 = 5 \text{ верстатів}$$

$$R_{030} = 2/5 = 1 \text{ оператор}$$

$$m_{s\ 035} = \frac{1,89}{0,19 + 0,2} = 4,9 = 5 \text{ верстатів}$$

$$R_{035} = 2/5 = 1 \text{ оператор}$$

$$m_{s\ 045} = \frac{1,66}{0,17 + 0,2} = 4,5 = 5 \text{ верстатів}$$

$$R_{045} = 2/5 = 1 \text{ оператор}$$

Оператори з ЧПК (оп.050, 070, 080):

$$R_{\text{ток.}} = \frac{752877}{2004 \cdot 60} = 6 \text{ чол.}$$

Токарі (оп.015, 020):

$$R_{\text{ток.}} = \frac{573257}{2004 \cdot 60} = 5 \text{ чол.}$$

Довбальники (оп.075, 085):

$$R_{д.} = \frac{743150}{2004 \cdot 60} = 6 \text{ чол.}$$

Шліфувальники (оп.105, 110, 115):

$$R_{шл.} = \frac{954053}{2004 \cdot 60} = 8 \text{ чол.}$$

Чисельність основних виробничих робітників на ділянці  $\sum R = 28$  чол.

#### 4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИСТРОЇВ

В умовах впровадження інноваційних процесів на підприємстві часто виникає питання забезпечення технологічних операцій різними видами пристосувань. Сучасні методи і засоби технологічної підготовки виробництва передбачають комплексне використання прогресивних технічних і організаційних рішень з метою забезпечення в мінімальні терміни і при мінімальних трудових витратах повну готовність виробництва до випуску виробів заданої якості. Вони передбачають комплексне взаємозалежне вирішення основних завдань підготовки виробництва послідовно, від проектування конструкцій виробів і обробки їх на технологічність до освоєння серійного виробництва, [17].

Одним з етапів підготовки виробництва є забезпечення технологічних операцій необхідним оснащенням. На кожному кроці підготовки виробництва необхідна оснастка різного рівня механізації з відповідними вимогами до жорсткості, точності і ін, [17].

Використання складних спеціальних пристосувань підвищує продуктивність праці, але при невеликому річному випуску деталей такі пристосування можуть виявитись економічно недоцільними: від їх використання собівартість операції не знижується, а навпаки, підвищується, [17].

Розрахунок економічної ефективності використання пристосувань має за основу порівняння затрат та економії, які виникають при його використанні відносно річного періоду. Затрати включають в себе амортизацію пристосувань та витрати на його утримання та експлуатацію. Економія досягається за рахунок зниження трудомісткості виготовлення деталей, [17].

Пристосування вважається рентабельним, якщо річна економія, отримана від його застосування, більше пов'язаних з ним річних витрат, [17].

Собівартість  $C_a$  використання нового (модернізованого) пристосування розраховують за формулою:

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

Собівартість використання  $C_B$  при використанні старого пристрою розраховують за формулою:

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

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;

$\Pi$  – річна програма випуску деталей, шт,  $\Pi = 4500$  шт. (визначено у п.1.2);

$A$  – строк амортизації пристосування в роках; Приймаємо за [17, стр.28] для простих пристроїв  $A = 1$  рік; для пристроїв середньої складності  $A = 3$  роки.

$q$  – витрати, пов'язані з експлуатацією пристосувань (ремонт, регулювання, зберігання) у % від їх вартості,  $q = 20\%$ .

У початковий період проектування, коли визначена лише принципова схема нового пристосування, точно визначити його вартість неможливо. У цьому випадку застосовуємо наближений спосіб розрахунку за формулою:

$$S = C_{\Pi} \cdot N, \quad (4.3)$$

де  $S$  – витрати на виготовлення пристосування, грн.

$N$  – кількість деталей в пристосуванні, шт;

$C_{\Pi}$  – затрати на одну деталь пристосування, грн. Приймаємо за [17, стр.28] для пристроїв середньої складності  $C_{\Pi} = 150$  грн., та для простих  $C_{\Pi} = 75$  грн

$$S_a = 150 \cdot 6 = 900 \text{ грн}$$

$$S_B = 75 \cdot 6 = 450 \text{ грн}$$

$$q_a = 0,2 \cdot 900 = 180 \text{ грн}$$

$$q_b = 0,2 \cdot 450 = 90 \text{ грн}$$

Для підрахування заробітної плати робітника використовуємо формулу:

$$З = t_{\text{шт}} \cdot З_{\text{хв}} \quad (4.4)$$

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

$З_{\text{хв}}$  – хвилинна ставка робітника, грн. Приймаємо за [17, стр.32, додаток А]  $З_{\text{хв}} = 0,96$  грн. для робітника 4-го розряду,  $З_{\text{хв}} = 1,085$  грн. для робітника 5-го розряду.

$$З_a = 1,33 \cdot 0,96 = 1,28 \text{ грн}$$

$$З_b = 1,80 \cdot 1,085 = 1,95 \text{ грн.}$$

Тоді за формулами (4.1), (4.2) відповідно:

$$C_a = 1,28 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{900}{4500} \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{180}{100}\right) = 4,27 \text{ грн}$$

$$C_b = 1,95 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{450}{4500} \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{90}{100}\right) = 6,04 \text{ грн}$$

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

$$П_k = \frac{(S_a - S_b) \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right)}{(З_b - З_a) \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right)} \quad (4.5)$$

$$P_k = \frac{(900 - 450) \cdot \left(1 + \frac{180}{100}\right)}{(1,95 - 1,28) \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right)} \approx 627 \text{ шт.}$$

Так як задана річна програма  $P > P_k$ , та  $C_a < C_b$ , то більш вигідно застосовувати складне пристосування з пневмоприводом (п.2.1).

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Протипожежна безпека на підприємстві в Україні – невіддільна частина організації робочого простору і процесів згідно з нормами чинного законодавства, [18].

Зокрема, цю сферу регламентують Правила пожежної безпеки в Україні, затверджені наказом Міністерства внутрішніх справ України, зі змінами, які періодично вносяться відповідними наказами, [18].

Зафіксовані на законодавчому рівні вимоги пожежної безпеки зобов'язані виконувати – незалежно від приналежності та розміру статутного капіталу, обороту, кількості співробітників, форми власності, кодів ЗЕД, сфери роботи та інших аспектів – будь-які суб'єкти, що ведуть свою господарську діяльність на українській території, [18].

Тому необхідно бути в курсі цих змін і коригувати організаційну роботу в даному секторі на виробництвах і в компаніях, [18].

А для цього слід регулярно проводити моніторинг нормативної бази та проходити відповідне навчання, щоб оновити не лише теоретичну базу, а й практичні навички співробітників, [18].

Пожежна безпека входить в комплекс заходів з охорони праці, і організаційна робота в цій сфері на об'єктах господарювання включає широкий спектр заходів, а саме:

- створення умов для безпечної праці,
- мінімізації ризику виникнення пожеж,
- своєчасне і повноцінне забезпечення технічними засобами для запобігання займанню та усунення самих пожеж та їх наслідків,
- контроль дотримання протипожежних вимог і норм законодавства,
- розробка і впровадження регламентів по гасінню пожеж, евакуації та порятунку з місць пожежі й задимлення людей і майна (матеріальних цінностей),
- внутрішнє і зовнішнє навчання співробітників.

У разі, якщо підприємство орендує площі в іншої особи, сторони повинні в письмовій формі домовитися про те, хто з них і на яких умовах здійснює ці роботи, [18].

Вимоги до пожежної безпеки на підприємстві неухильно повинен дотримуватися кожен співробітник, а організаційна складова при цьому покладається на посадових осіб за відповідним рішенням керівництва і прописується в посадових інструкціях і положеннях по структурним підрозділам, [18].

Зокрема, вказуються конкретні території, ділянки, зони, об'єкти, цілі будівлі і їх частини, поверхи, на яких відповідального співробітника повинне проводити такі організаційні роботи, [18].

Відповідальні особи зобов'язуються розробити, впровадити та підтримувати в певному інструкцією і положенням на ввірених їм об'єктах протипожежний режим і інструкції відповідно до вимог, викладених в нормативних актах, [18].

Передбачено також створення підрозділу добровільної пожежної охорони та пожежно-рятувальної команди в його складі, [18].

Один із обов'язків керівника підприємства – організація процесу навчання та контролю знань у співробітників у питаннях охорони праці та пожежної безпеки на підприємстві. Для структурних підрозділів (цеху, майстерні, ділянки, відділи) такі інструктажі мають проводити їх керівники або інші особи. Наказом керівника затверджується порядок та строки проведення таких інструктажів для кожного підрозділу. Крім того, затверджується:

- перелік посад, при призначенні на які особа повинна бути проінструктована з питань пожежної безпеки на підприємстві;
- запитання, що входять до інструктажу, з якими мають бути ознайомлені працівники;
- терміни та періодичність інструктажу, [19].

Щоб отримати право на інструктаж, потрібно організувати курс навчання та спеціальної підготовки, підтвержене відповідним посвідченням. Для співробітників, які приймаються до штату підприємства з підвищеним рівнем

пожежної небезпеки, передбачено проходження спеціального навчання – це пожежно-технічний мінімум. Навчання та перевірка знань для посадових осіб проводиться кожні 3 роки. Для працівників передбачені щорічні інструктажі за правилами ПБ, [19].

Існує кілька типів інструктажів щодо дотримання протипожежної безпеки на підприємстві. Вони можуть бути первинними, повторними, вступними, цільовими та позаплановими, [19].

– Вступний інструктаж – необхідний для знайомства з системою пожежної безпеки, є обов'язковим не тільки для співробітників, що знову приймаються, але також для відрядження і практикантів.

– Первинний інструктаж – для новонароджених, а також працівників зі стажем, які були переведені з іншого підрозділу, знайомить із правилами захисту від пожежі на робочих місцях. Такий вид інструктажу є обов'язковим для працівників, залучених для участі у будівництві, монтажі обладнання та інших допоміжних видах діяльності.

– Повторний інструктаж проводиться щорічно та необхідний для закріплення отриманих знань.

– Позаплановий інструктаж є наслідком внесення змін до технології виробництва або після надзвичайної ситуації, пожежі.

Для фіксації результатів інструктажів на підприємстві ведуть «Журнал реєстрації інструктажів», [19].

Відповідно до вимог Кодексу цивільного захисту та Правил пожежної безпеки України, керівникам та власникам підприємств покладено обов'язок введення та підтримки протипожежного режиму на підприємстві. Один із державних стандартів визначає це поняття, як зведення правил, що регламентують поведінку людей, експлуатацію об'єктів нерухомості та здійснення виробничих процесів. Проте керівник наділений правом передавати цю частину своїх обов'язків одному із співробітників, який призначається відповідальним за пожежну безпеку відповідним наказом на підприємстві, [19].

Співробітник, який відповідає за пожежну безпеку, зобов'язаний:

- розробляти та вести відповідну документацію, включаючи журнали обліку, накази, інструкції;
- займатися організацією навчання та інструктажем;
- стежити за станом протипожежного інвентарю;
- своєчасно складати звіти контролюючим органам, сприяти при позапланових перевірках, [19].

Але найважливіше завдання такого співробітника – грамотно організувати евакуацію співробітників та врятувати матеріальні цінності у разі реальної загрози пожежі, [19].

## ВИСНОВКИ

Мета роботи дипломного проєкту – проєктування технологічного процесу виготовлення деталі «вал».

Під час виконання дипломного проєкту було визначено метод отримання заготовки, а саме штампування на КГШП, та економічно обгрунтовано. Було розроблено план обробки деталі, розраховані припуски, визначено операційні розміри по переходам. На операції визначено режими різання та нормування.

Для свердління отворів було розроблено пневматичне пристосування. Для контролю радіального биття спроектовано контрольне пристосування.

У економічному розділі було розглянуто економічну ефективність від впровадження пневматичного пристосування по зрівнянню з ручним.

На технологічний процес виготовлення деталі «вал» було розроблено комплект технологічних карт.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Електронний ресурс: <https://metinvest-smc.com/ru/steel/stal-45/>;
2. Електронний ресурс: <https://metal-holding.ua/ua/blog/zacem-nuzna-i-kak-provoditsa-zakalka-stali>;
3. А. П. Гуляєв, В. Д. Кальнер, І. С. Козловський. Термічна обробка в машинобудуванні: Справоч- Т35 нік / За редом Лахтіна, А. Г. Рахштадта. - Машинобудування, 1980. 783 с., Іл. М.:
4. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» і «Технологія будування авіаційних двигунів» / укл. В.К. Яцекно, В.І. Ципак, Є.Я. Коренєвський та ін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2003. – 245 с.
5. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисциплін з техно-логічних методів виробництва заготовок для студентів спеціальностей: 8.090101 Прикладне матеріалознавство; 8.090202 Технологія машинобудування; 8.090203 Металорізальні верстати та системи; 7.090260 Технологія будування авіаційних двигунів, денної форми навчання / Укл. В.М. Плескач, І.В. Акімов – Запоріжжя: ЗНТУ, 2010. - 82 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1. / [под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. - 694 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2. / [под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985.- 652 с.
8. Косилова А.Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков, М. А. Калинин. – М. : Машиностроение, 1976. – 352 с.
9. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 6.05050201 – технологія

машинобудування всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання 2-е). Під ред., Гончар Н.В. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012 – 62 с.

10. Нефедов Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: учеб. Пособие [для техникумов по предмету «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент»]/Н.А.Нефедов, К.А.Осипов. – 5-е изд., перераб. И доп. – М.:Машиностроение, 1990. – 448с.

11. Електронний ресурс: <https://vitcompany.com.ua/stanki/stanki-frezernye-s-chpu/gorizontalno-frezernye-stanki/gorizontalno-frezernyy-standok-s-chpu-haas-hs-1-id16730.html>

12. Електронний ресурс: [www.iscar.com](http://www.iscar.com)

13. Справочник нормировщика-машиностроителя. Том II. Техническое нормирование станочных работ. Под редакцией Е.И.Стружестраха. – Москва, 1961. – 890с.

14. В.А. Богуслаев, В.А. Леховицев, А.С. Смирнов «Верстатні пристрої» - Запоріжжя, ОАО «Мотор Січ» 2000г. – 461 с.

15. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансеров. – М. : Машиностроение, 1975. – 447 с.

16. Корсаков В.С. Основы проектирования приспособлений / В.С. Корсаков. – М. : Машиностроение, 1983. – 248 с.

17. Методичні рекомендації для дипломного проектування “Оцінка економічної ефективності технічних рішень” для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Г.В. Пухальська - Запоріжжя: НУ«Запорізька політехніка», 2023 - 43 с.

18. Електронний ресурс: <https://profiteh.ua/pozhezhna-bezpeka-na-pidpriyemstvi-pravyla-ta-orhanizatsiia/>

19. Електронний ресурс: <https://www.inbez.com.ua/blog/prokursi/pozhezhna-bezpeka-na-pidpriyemstvi/>

ДОДАТОК А  
Специфікація робочого пристосування

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание							
Справ. №						<u>Документація</u>									
					НУЗП 293226.015 СК	Складальне креслення									
						<u>Складальні одиниці</u>									
				1		Пневмоциліндр	1								
						<u>Деталі</u>									
				2		Плита	1								
				3		Корпус	1								
				4		Оправка	1								
				5		Перехідник	1								
				6		Центратор	1								
						<u>Стандартні вироби</u>									
		7		Гайка М8 ГОСТ 4161-2013	1										
		8		Гвинт М5х16 ГОСТ 1491-80	6										
		9		Гвинт М6х16 ГОСТ 7048-2013	6										
		10		Шайба 7019-0453 ГОСТ 4087-69	1										
		11		Шпилька М8х50 ГОСТ 22041-76	1										
Взам. инв. №		НУЗП 293226.015 СК					Лит.	Лист	Листов						
								1	2						
							Н.контр. Дядя С.І. Утв. Дядя С.І.			Пристосування для свердління отворів Складальне креслення			НУ ЗП, гр.Мз-112сп		
Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата									
Разраб.		Фітак А.О.													
Пров.		Степанов Д.М.													
Инд. № подл.															
Подп. и дата															
Инд. № дробл.															
Подп. и дата															



ДОДАТОК Б  
Керуюча програма

---

```
TOOL PATH/DEEP_HOLE_DRILLING,TOOL,STD_DRILL
TLDDATA/DRILL,MILL,4.0000,0.0000,80.0000,118.0000,35.0000
MSYS/0.0000,0.0000,0.0000,1.0000000,0.0000000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,0.0000000
$$ centerline data
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,10
PAINT/COLOR,186
RAPID
GOTO/29.7500,0.0000,67.9426,1.0000000,0.0000000,0.0000000
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/22.7500,0.0000,67.9426
COOLNT/THRU,HIGH
SPINDL/RPM,716,CLW
PAINT/COLOR,31
FEDRAT/MMPM,125.0000
GOTO/16.5483,0.0000,67.9426
DELAY/1.0000
FEDRAT/250.0000
GOTO/-22.0483,0.0000,67.9426
DELAY/1.0000
FEDRAT/125.0000
GOTO/-27.7500,0.0000,67.9426
DELAY/1.0000
SPINDL/OFF
COOLNT/OFF
PAINT/COLOR,37
RAPID
GOTO/22.7500,0.0000,67.9426
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/29.7500,0.0000,67.9426
PAINT/SPEED,10
PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH
```

---

ДОДАТОК В  
Технологічні карти















Дудл.																			
Взам.																			
Подп.																			
														НУЗП 0214.1.015		2	1		
Разрад.	Фітак А.О.			НУЗП			НУЗП 715524.015				Мз-112сп.2014.1.015								
Провер.	Степанов Д.М.																		
Н. контр.	Дядя С.І.			Вал							015								
Наименование операции				Материал				Твердость		EB	MD	Профиль и размеры			M3	КОИД			
Токарна				Сталь 14ХГСА2МА-Ш ГОСТ 4543-71				HB = 210...220 МПа		166	0,635	φ64x169			2,046	1			
Оборудование, устройство с ЧПУ				Обозначение программы				T <sub>σ</sub>	T <sub>σ</sub>	T <sub>п.з.</sub>	T <sub>шт.</sub>	СОЖ							
Токарний 16Б16П				-				0,74	0,46	29	1,32	5% розчин Аквол-1 ГОСТ 1975-75							
P				ПИ	D или B		L	f	l	s	п	v							
0 01	1. Встановити та закріпити деталь											t <sub>yc</sub> =0,15							
T 02	ПР Патрон трьохкулачковий ГОСТ 2675-80																		
03																			
0 04	2. Підрізати торець, витримуючи розмір 1																		
T 05	ВИ Державка для різців																		
06	РИ Резець прохідний 2102-0197 ГОСТ 21151-75																		
07	СИ Шаблон 176,8 спеціальний;																		
P 08				01	67,8	20,7	2,1	1	0,3	400	85,2								
09																			
0 10	3. Точити поверхню, витримуючи розмір 6																		
T 11	ВИ Державка для різців																		
12	РИ Резець прохідний 2102-0197 ГОСТ 21151-75																		
13	СИ Шаблон φ64,75 спеціальний;																		
OK																			



Дубл.			
Взам.			
Подп.			

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

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

НУЗП 0214.1.015

1

1

Разраб. Фітак А.О.

НУЗП

НУЗП 715524.015

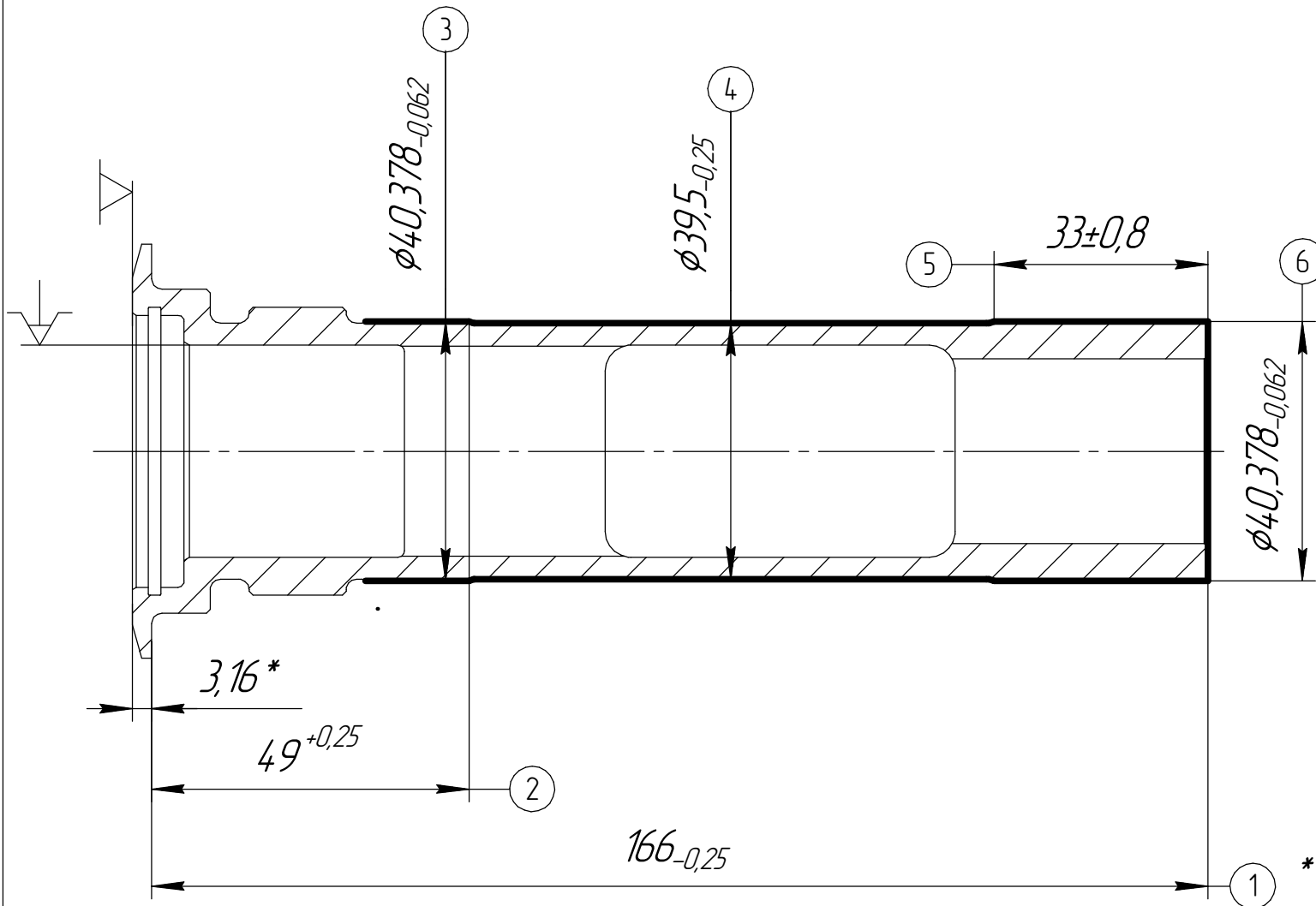
Мз-112сп.2014.1.015

Провер. Степанов Д.М.

Н. контр. Дядя С.І.

Вал

050



\* - Розміри для довідок

КЭ





Дудл.			
Взам.			
Подп.			

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

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

НУЗП 0214.1.015

1

1

Разрад. Фітак А.О.

НУЗП

НУЗП 715524.015

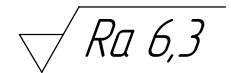
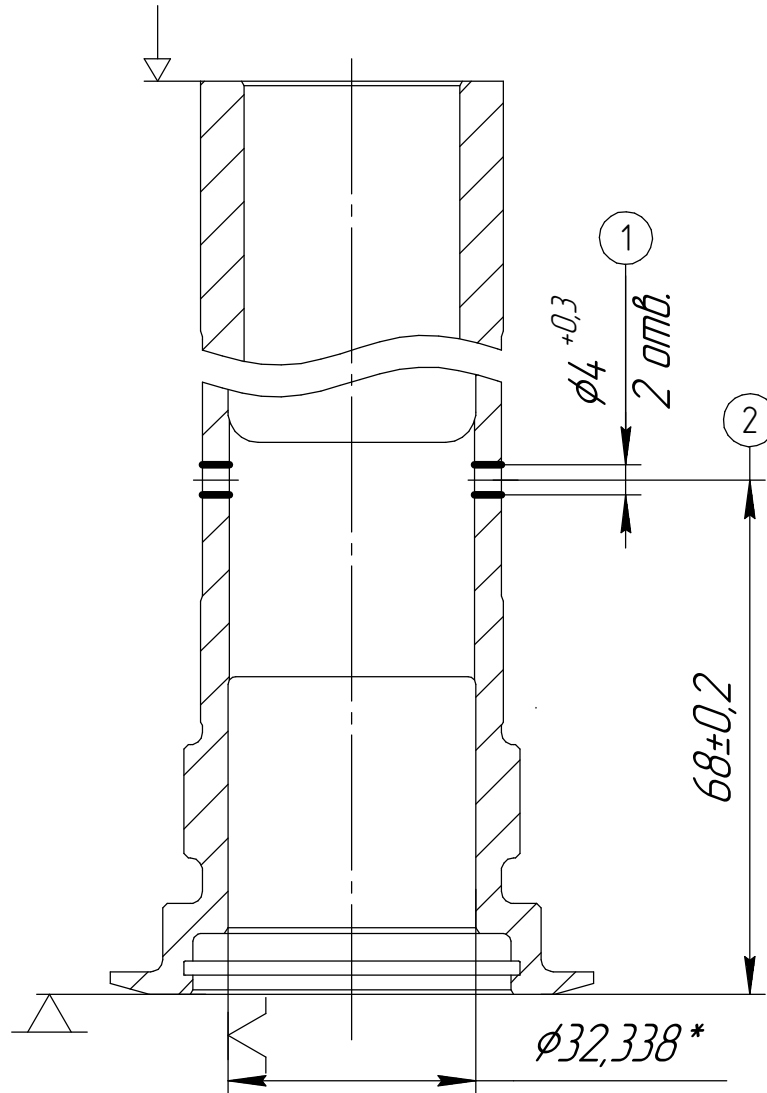
Мз-112сп.2014.1.015

Провер. Степанов Д.М.

Вал

070

Н. контр. Дядя С.І.

\* - Розміри для довідок

КЭ

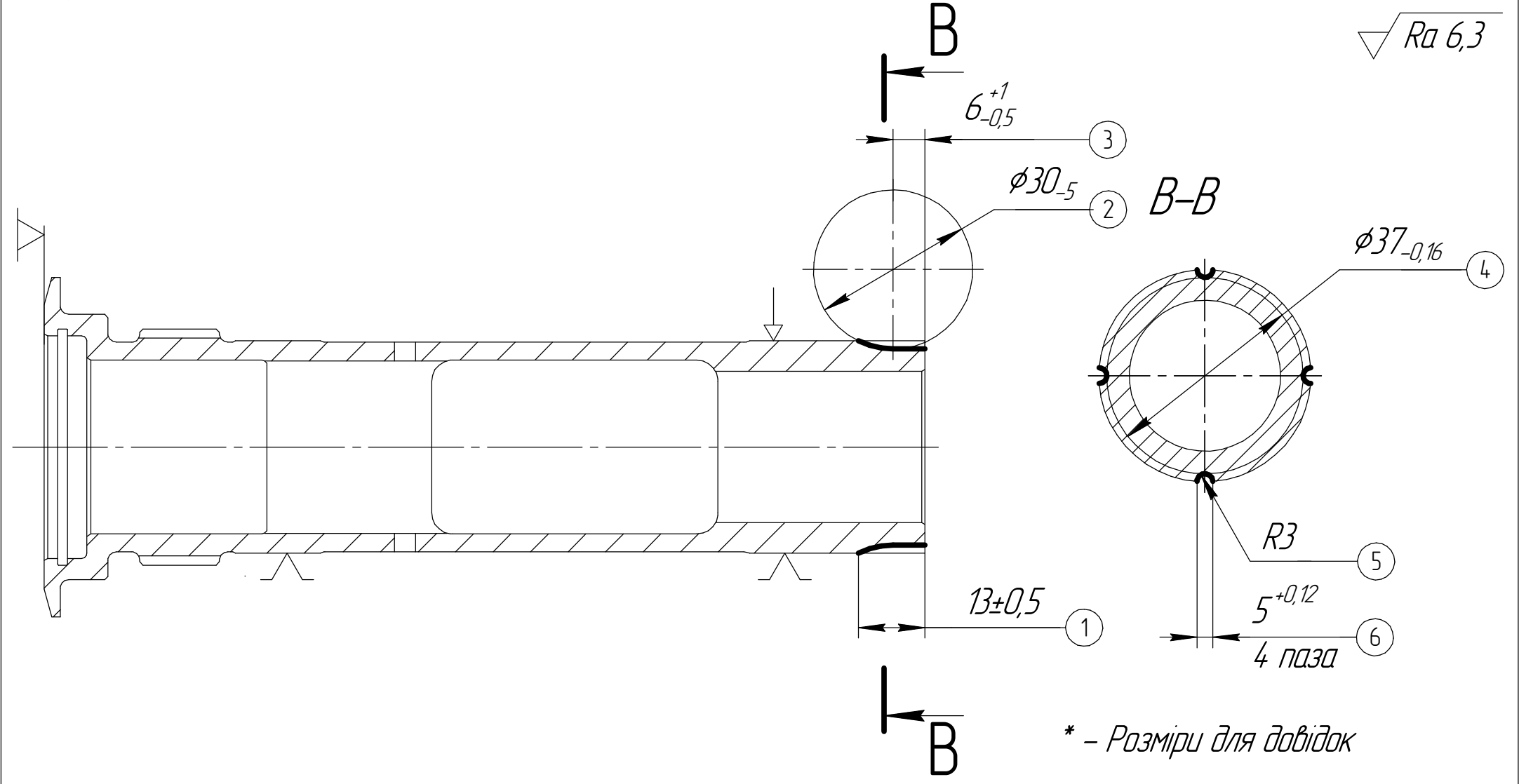


Дубл.			
Взам.			
Подп.			

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

НУЗП 0214.1015 1 1

Разраб.	Фітак А.О.			НУЗП	НУЗП 715524.015		Мз-112сп.2014.1015
Провер.	Степанов Д.М.						
Н. контр.	Дядя С.І.			Вал			080



КЭ



Дубл.			
Взам.			
Подп.			

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

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

НУЗП 0214.1.015

1

1

Разраб. Фітак А.О.

НУЗП

НУЗП 715524.015

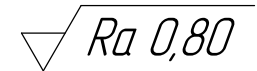
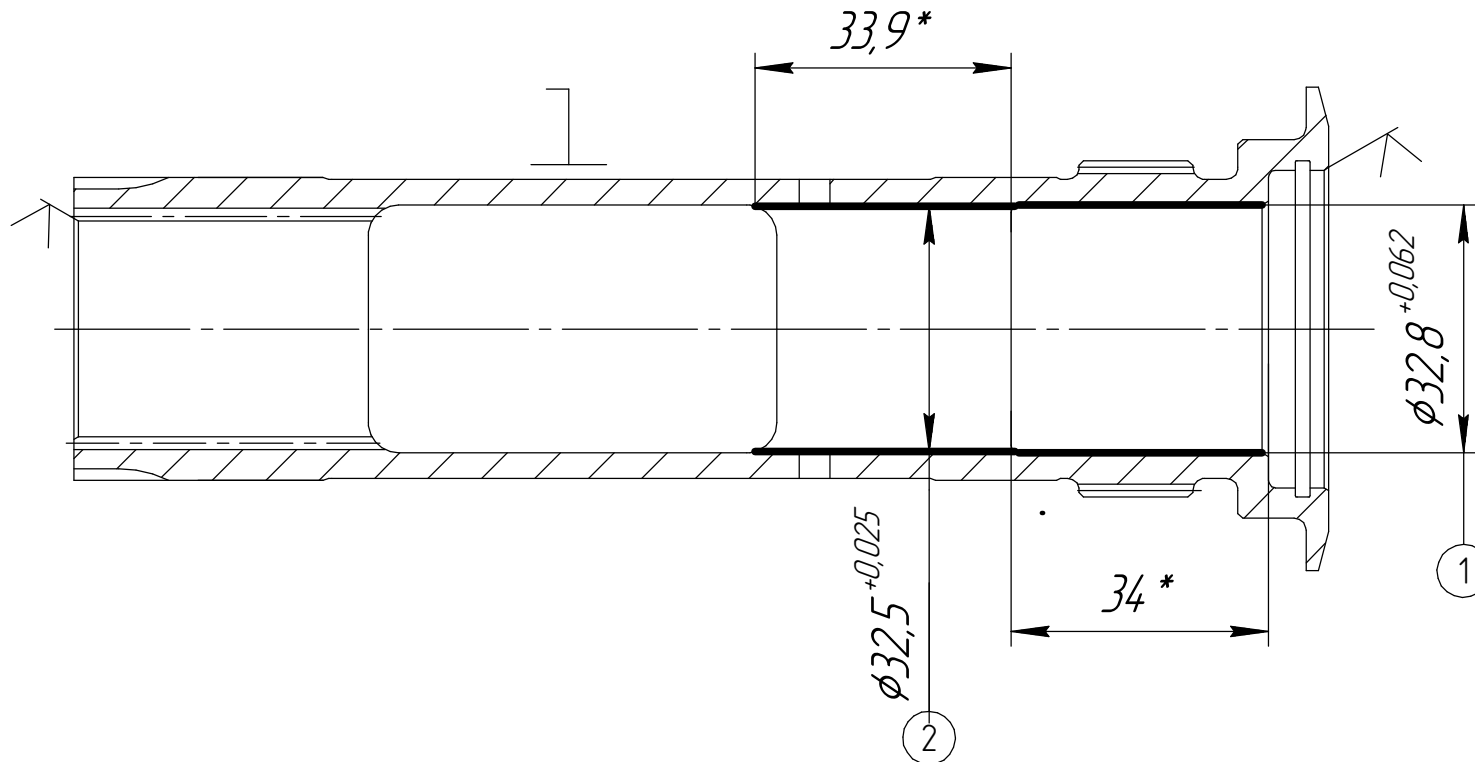
Мз-112сп.2014.1.015

Провер. Степанов Д.М.

Н. контр. Дядя С.І.

Вал

110

\* - Розміри для довідок

КЭ



Дубл.			
Взам.			
Подп.			

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

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

НУЗП 0214.1.015

1

1

Разраб. Фітак А.О.

НУЗП

НУЗП 715524.015

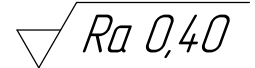
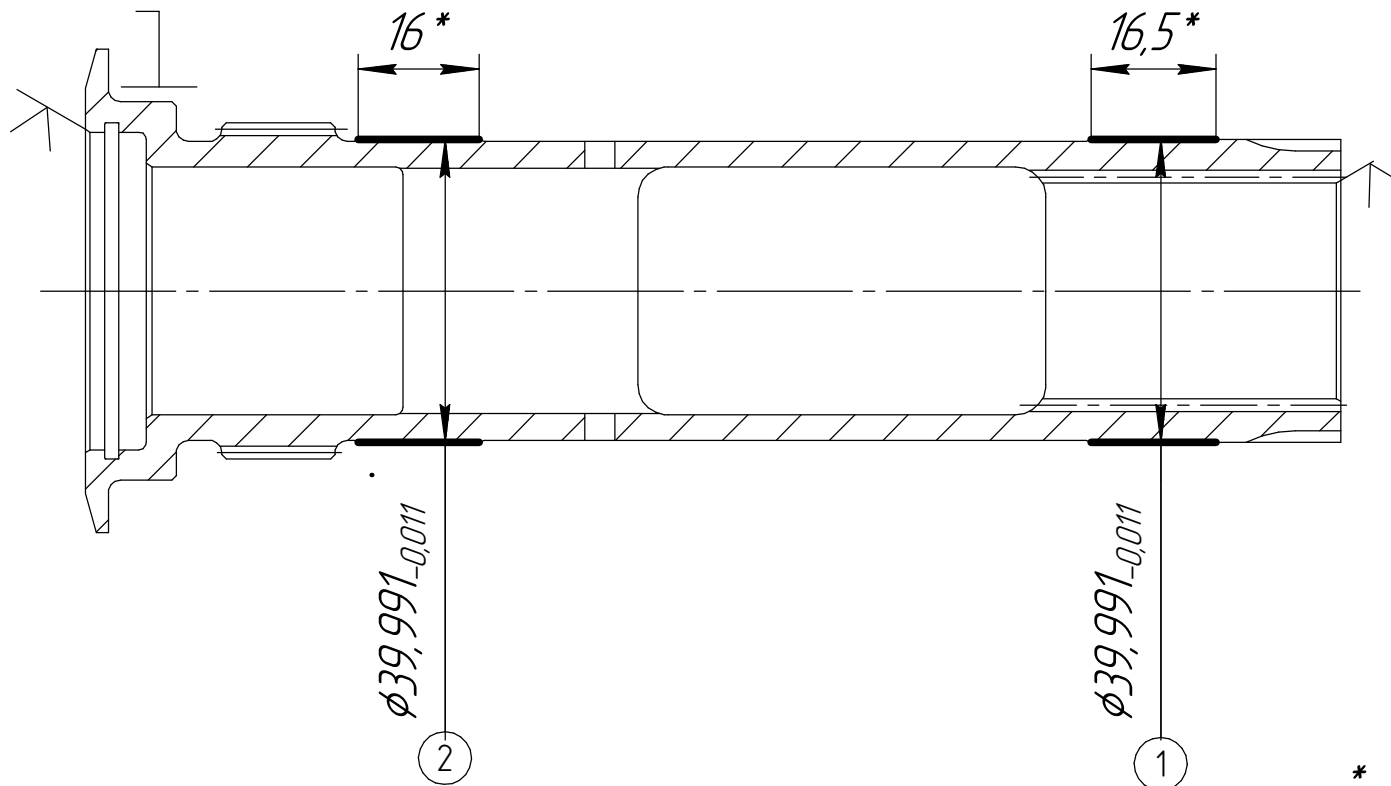
Мз-112сп.2014.1.015

Провер. Степанов Д.М.

Н. контр. Дядя С.І.

Вал

115


 Ra 0,40


\* - Розміри для довідок

КЭ

