

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування факультету)

Технологія машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

перший (бакалаврський)

(ступінь вищої освіти)

на тему _____ Розроблення технологічного процесу виготовлення _____

(назва теми)

_____ вала фрезерного верстата _____

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

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

_____ «Технології машинобудування» _____

_____ ЛАШИН М.Ю. _____

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник _____ СТЕПАНОВ Д.М. _____

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент _____ МАТЮХІН А.Ю. _____

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

2026 р. _____

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 ДЯДЯ С.І.

«_____» _____ 20__ року

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

ЛАШИНУ Михайлу Юрійовичу
1. Тема проєкту (роботи) «Розроблення технологічного процесу виготовлення вала фрезерного верстата»

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доцент, СТЕПАНОВ Дмитро Миколайович,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

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

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 02.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) креслення деталі «Вал фрезерного верстата»,

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз деталі на технологічність, проєктування заготовки, розробка маршруту виготовлення деталі, розрахунок припусків та міжопераційних розмірів та розмірів заготовки, розрахунок режимів різання та нормування, проєктування робочого пристосування, розробка контрольного пристосування, розрахунок економічної ефективності пристосування, розробка технологічних карт

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

креслення деталі «Вала фрезерного верстата», креслення заготовки, плакат 3D-моделі деталі та заготовок, маршрут виготовлення деталі, плакат послідовності підготовки КП, креслення робочого пристосування, плакат дослідження деталі на міцність

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1, 2, 3, 5	СТЕПАНОВ Д.М., доцент		
4	ПУХАЛЬСЬКА Г.В., доцент		
Нормоконтроль	ДЯДЯ С.І., зав.кафедри		

7. Дата видачі завдання « 18 » 05 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Опис конструкції і службового призначення деталі, вибір типу виробництва і форми організації робіт. Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням. Проєктування технологічного маршруту виготовлення деталі.	18.05-24.05	
2	Розрахунок припусків і технологічних розмірів. Розрахунок режимів різання. Технічне нормування операцій, розробка керуючої програми на операцію з ЧПК.	25.05-31.05	
3	Проєктування робочого пристосування. Проєктування контрольного пристосування.	01.06-07.06	
4	Розробка планування ділянки. Оцінка очікуваної економічної ефективності. Охорона праці.	08.06-11.06	
5	Розробка технологічних карт	11.06-14.06	
6	Оформлення ПЗ, креслень	14.06-18.06	

Студент(ка)

_____ Михайло ЛАШИН
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

_____ Дмитро СТЕПАНОВ
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 105 с., 8 табл., 24 рис., 3 дод., 18 джерел.

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

Об'єкт дослідження – вал фрезерного верстата.

Мета роботи – проектування технологічного процесу виготовлення вала фрезерного верстата.

В дипломному проєкті спроектовано технологічний процес виготовлення вала фрезерного верстата. Визначено метод отримання заготівки та економічно обгрунтовано. Виконано розрахунок технологічних переходів на основі якого був розроблений маршрут обробки вала фрезерного верстата. 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 ділянці, 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	11
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	12
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі	15
1.4.1 Вибір технологічних баз	15
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	16
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	24
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	25
1.5.1 Розрахунок припусків і технологічних розмірів аналітичним методом	25
1.5.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів табличним методом	29
1.6 Розрахунок режимів різання	36
1.6.1 Операція 020 - Токарна	36
1.6.2 Операція 070 – Комплексна з ЧПК	40
1.6.3 Операція 085 – Круглошліфувальна	43
1.7 Технічне нормування операцій	44
1.7.1 Операція 020 - Токарна	44
1.7.2 Операція 070 – Комплексна з ЧПК	46
1.7.3 Операція 085 - Круглошліфувальна	47
1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК	49
2 Конструкторська частина	52
2.1 Проектування робочого пристосування	52

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	54
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність	54
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу	58
2.2 Проектування і принцип роботи контрольного пристосування	60
2.3 Розрахунок на міцність	61
3 Організаційна частина	64
3.1 Розробка необхідної кількості технологічного обладнання	64
3.2 Визначення чисельності основних виробничих робітників	66
4 Економічна ефективність пристроїв	70
5 Охорона праці	74
Висновки	79
Перелік джерел посилання	80
Додаток А. Специфікація робочого пристосування	82
Додаток Б. Керуюча програма	85
Додаток В. Технологічні карти	89

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 «Вал фрезерного верстата» 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.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Деталь «Вал фрезерного верстата» (рис.1.1) входить у вузол фрезерного верстата, призначена для передачі крутного моменту від двигуна до робочої частини. Деталь відноситься до деталей типу обертання, типу валів, та має ступінчасту форму. Умови роботи деталі – високі частоти обертання у масляному середовищі.

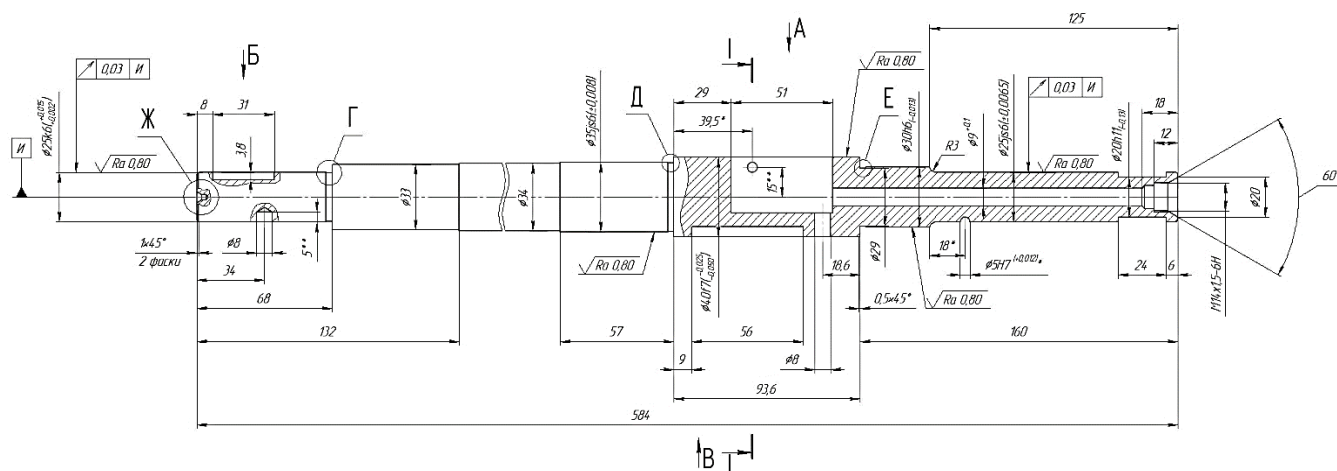


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Вал фрезерного верстата»

Деталь «Вал» має довжину 584 мм, загальна шорсткість деталі складає 6,3 мкм. Так як деталь має не жорстку конструкцію (довжина деталі перевищує $3 \cdot d$), то до її конструкції входять центрувальні отвори для полегшення її виготовлення. Шпонкові пази на поверхні $\text{Ø}25k6^{+0,015}_{+0,002}$ – $6 \times 31 \times 3,8$ мм, на поверхні $\text{Ø}40f7^{-0,025}_{-0,050}$ – $12 \times 56 \times 5,2$ мм, на поверхні $\text{Ø}40f7^{-0,025}_{-0,050}$ – $10 \times 51 \times 28$ мм виконуються для забезпечення шпонкового з'єднання з іншими деталями.

Найбільш точними поверхнями у деталі «Вал фрезерного верстата» є поверхні $\text{Ø}25k6^{+0,015}_{+0,002}$ з шорсткістю 0,8 мкм, $\text{Ø}35js6(\pm 0,008)$ з шорсткістю 0,8 мкм, $\text{Ø}40f7^{-0,025}_{-0,050}$ з шорсткістю 0,8 мкм, $\text{Ø}30h6_{-0,013}$ з шорсткістю 0,8 мкм, $\text{Ø}25js6(\pm 0,0065)$ з шорсткістю 0,8 мкм.

Деталь «Вал фрезерного верстата» виготовляється з конструкційної вуглецевої якісної сталі сталь 45 ДСТУ 7809:2015. Хімічний склад матеріалу показан у таблиці 1.1, механічні властивості - у таблиці 1.2 [1].

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 45 ДСТУ 7809:2015

Вуглець, C	Марганець, Mn	Кремній, Si	Сірка, S	Фосфор, P	Мідь, Cu	Хром, Cr	Нікель, Ni
			не більше, %				
0,42 – 0,50	0,50 – 0,80	0,17 – 0,37	до 0,035	до 0,035	до 0,25	до 0,25	до 0,25

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 45 ДСТУ 7809:2015

Межа плинності σ_T , МПа	Часовий опір σ_B МПа	Відносне подовження δ_5 , %	Відносне звуження ψ , %	Ударна в'язкість КСУ, Дж/см ²
355	600	16	40	59

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].

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 $N = 5000$ шт. та маси оброблюваної на проєктованій ділянці деталі $m = 3,43$ 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);

Φ – кількість робочих днів на рік (254 днів на 2026 рік).

$$n = \frac{2 \cdot 5000}{254} \approx 40 \text{ шт.}$$

Для обробки цієї деталі вибираємо серійно-потокową форму організації ТП. За такої форми організації виробництва деталі надходять на ділянку партіями, та їх обробка здійснюється поточковим 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 – заготовка з прутка гарячекатанного та КГШП.

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

Заготовка з прутка гарячекатанного (рис.1.2) має розміри $\varnothing 45 \times 600$ мм. Маса такої заготовки складає 7,50 кг.

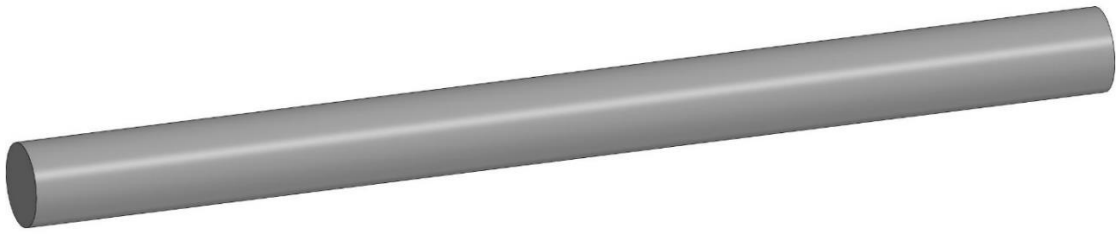


Рисунок 1.2 – 3Д модель заготовки з прутка

Для заготовки на КГШП (рис.1.3) 1 кл. точності приймаємо для розмірів > 50 мм $Z = 1,9$ мм; для розмірів $50 - 120$ мм $Z = 1,9$ мм; $120 - 260$ мм $Z = 2,0$ мм; $260 - 360$ мм - $Z = 2,2$ мм.

Вагу заготовки, виготовленої КГШП визначаємо за допомогою об'ємного моделювання у програмі NX. Згідно розрахункам вага заготовки з врахуванням припусків складає $Q_2 = 4,80$ кг.

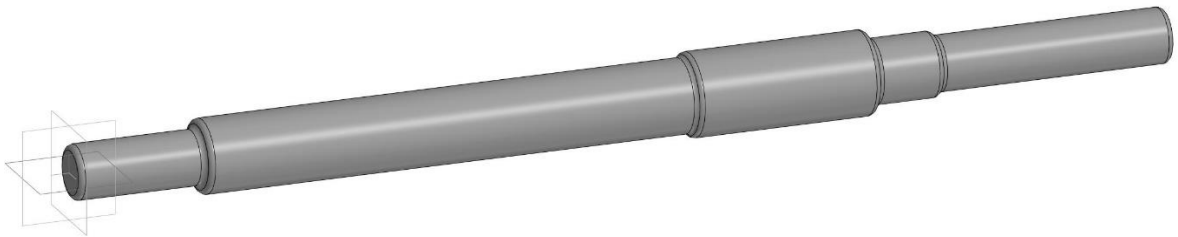


Рисунок 1.3 – 3Д модель заготовки на КГШП

Вартість однієї заготовки, отриманої штампуванням, розраховується по формулі:

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

Вартість заготовки з прокату розраховується по формулі:

$$B = \frac{B_6}{1000} \cdot Q - (Q - q) \cdot \frac{B_{\text{отх.}}}{1000}, \quad (1.3)$$

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].

$$B_1 = \frac{3500}{1000} \cdot 7,5 - (7,5 - 3,43) \cdot \frac{140}{1000} = 25,68 \text{ грн.}$$

$$B_2 = \frac{3500}{1000} \cdot 4,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 0,8 - (4,8 - 3,43) \cdot \frac{140}{1000} = 11,50 \text{ грн.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу розраховується по формулі:

$$\eta = q/Q \quad (1.3)$$

$$\eta_1 = 3,43/7,5 = 0,46$$

$$\eta_2 = 3,43/4,8 = 0,71$$

Отримані дані зводимо до таблиці 1.3.

Таблица 1.3 – Порівняльні показники за варіантами

Показники	Позначення	Вимірювання	Варіанти заготовки	
			пруток	КГШП
Припуск на сторону	z	мм	Ø45 x 600	1,9; 1,9; 2,0; 2,2
Вага заготовки	Q	кг	7,50	4,80
Базова вартість 1т. заготовки	B_6	грн	3500	3500
Коефіцієнти	K_T	-	-	1,0
	K_M	-	-	1,0
	K_B	-	-	1,0
	K_n	-	-	0,87
	K_3	-	-	0,8
Вартість 1т. стружки	$B_{отх}$	грн/тонну	140	
Вартість 1 заготовки	B	грн	25,68	11,50
Коеф. використання матеріалу	η	-	0,46	0,71

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

Розраховуємо річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок за формулою:

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

$$E_B = (25,68 - 11,50) \cdot 5000 = 70900 \text{ грн.}$$

Визначаємо річне заощадження матеріалу за формулою:

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

$$M_2 = \frac{3,43 \cdot (0,71 - 0,46)}{0,71 \cdot 0,46} \cdot 5000 = 13128 \text{ кг}$$

Отже, остаточно приймаємо спосіб отримання заготівки – 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 допоміжної) 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. 1.4) приймаємо необроблені циліндричні поверхні 2 та 14 з упором у торці 1 та 15, де підготовлюються центрувальні отвори для подальшої обробки деталі у центрах.

На чистових токарних та шліфувальних операціях базовими поверхнями є центрувальні отвори. На фрезерних та свердлильних операціях опорними поверхнями є 2 та 14, якими деталь встановлюється у призми.

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. 1.4.

Показники точності та якості основних поверхонь заносимо до таблиці 1.4.

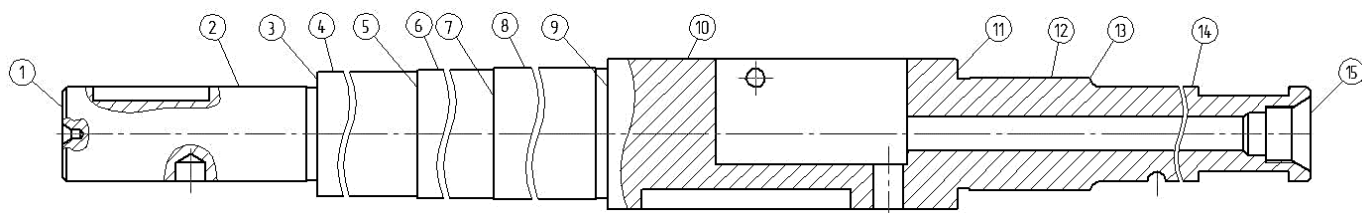


Рисунок 1.4 – Ескіз деталі з технологічною розміткою поверхонь

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	заготовка	деталь	заготовка
1	2	3	4	5	6	7
№1, 15 584	торцева	зовнішня	h14	~IT16	6,3	40
№2 $\varnothing 25k6^{+0,015}_{+0,002}$	циліндрична	зовнішня	k6	~IT16	0,8	40
№3, 1 68	торцева	зовнішня	$\pm IT14/2$	~IT16	6,3	40
№4, 8 $\varnothing 33$	циліндрична	зовнішня	h14	~IT16	6,3	40
№5, 1 132	торцева	зовнішня	$\pm IT14/2$	~IT16	6,3	40
№6 $\varnothing 34$	циліндрична	зовнішня	h14	~IT16	6,3	40
№7, 9 57	торцева	зовнішня	$\pm IT14/2$	~IT16	6,3	40
№8 $\varnothing 35js6(\pm 0,008)$	циліндрична	зовнішня	js6	~IT16	0,8	40
№9, 11 93,6	торцева	зовнішня	h14	~IT16	6,3	40
№10 $\varnothing 40f7^{-0,025}_{-0,050}$	циліндрична	зовнішня	k6	~IT16	0,8	40
№12 $\varnothing 30h6^{-0,013}$	циліндрична	зовнішня	h6	~IT16	0,8	40
№13, 15 125	торцева	зовнішня	$\pm IT14/2$	~IT16	6,3	40
№14 $\varnothing 25js6(\pm 0,0065)$	циліндрична	зовнішня	js6	~IT16	0,8	40

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 №2 з'ясовуємо технічні вимоги на оброблювану поверхню:

$$Td_d=0,013 \text{ мм} \quad Ra_d= 0,8 \text{ мкм.}$$

Встановлюємо допуски Td_3 та Ra_3 для поверхні вихідної заготовки:

$$es_{d3} = +1,0; \quad ei_{d3} = -0,4; \quad Td_3=1,4 \text{ мм} \quad Ra_3=40 \text{ мкм.}$$

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.

$$\varepsilon_{Td} = \frac{1400}{13} = 107,7; \quad \varepsilon_{Ra} = \frac{40}{0,8} = 50;$$

За найбільшим значенням ε розрахуємо кількість переходів механічної обробки k :

$$k = 2lg107,7 = 4,1, \text{ приймаємо } k = 4.$$

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

$$\begin{aligned} IT16 &\rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow h8 \rightarrow h6 \\ Ra40 &\rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra1,6 \rightarrow Ra0,8 \end{aligned}$$

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

Перехід 1 – точіння чорнове h12, Td=0,21 мм, Ra 6,3:

$$\varepsilon_{Td1} = \frac{1400}{210} = 6,67; \quad \varepsilon_{Ra1} = \frac{40}{6,3} = 6,35;$$

Перехід 2 – точіння напівчистове h10, Td=0,084 мм, Ra 3,2:

$$\varepsilon_{Td2} = \frac{210}{84} = 2,5; \quad \varepsilon_{Ra2} = \frac{6,3}{3,2} = 1,97;$$

Перехід 3 – точіння чистове h8, Td=0,033 мм, Ra 1,6:

$$\varepsilon_{Td3} = \frac{84}{33} = 2,55; \quad \varepsilon_{Ra3} = \frac{3,2}{1,6} = 2;$$

Перехід 4 – шліфування h6, Td=0,013 мм, Ra 0,8:

$$\varepsilon_{Td4} = \frac{33}{13} = 2,54; \quad \varepsilon_{Ra4} = \frac{1,6}{0,8} = 2;$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_d = 6,67 \cdot 2,5 \cdot 2,55 \cdot 2,54 = 108$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_{Ra} = 6,35 \cdot 1,97 \cdot 2 \cdot 2 = 50$$

Отримані значення заносимо до таблиці 1.5. Для інших поверхонь виконуємо розрахунки аналогічно поверхні №2 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, 15 торцева 584h14-1,55 Ra6,3 Заг. IT16 Ra40	d	1,6			IT16 → h14 → h14 Ra40→ Ra12,5→ Ra6,3	1	Заготовка	2500	40	-	-
	Ra	6,35	1,6	2		2	Точіння чорнове	1550	12,5	1,6	3,2
						3	Точіння чистове	1550	6,3	1,0	1,98
						Загальне уточнення				1,6	6,35
№2 циліндрична Ø25k6 ^{+0,015} _{+0,002} Ra0,8 Заг. IT16 Ra40	d	107,7	4,1	4	IT16 → h12 → h10→ h8 → h6 Ra40 → Ra6,3 → Ra3,2 → Ra1,6 → Ra0,8	1	Заготовка	1400	40	-	-
	Ra	50				2	Точіння чорнове	210	6,3	6,67	6,35
						3	Точіння напівчистове	84	3,2	2,5	1,97
						4	Точіння чистове	33	1,6	2,55	2
						5	Шліфування	13	0,8	2,54	2
						Загальне уточнення				108	50
№3, 1 торцева 68±0,37 Ra6,3 Заг. IT16 Ra40	d	2,03			IT16 → ±IT14/2→ ±IT14/2 Ra40→ Ra12,5→ Ra6,3	1	Заготовка	1500	40	-	-
	Ra	6,35	1,6	2		2	Точіння чорнове	740	12,5	2,03	3,2
						3	Точіння чистове	740	6,3	1,0	1,98
						Загальне уточнення				2,03	6,35

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№4 циліндрична Ø33h14-0,62 Ra6,3 Заг.IT16 Ra40	d	2,26			IT16 → h14 → h14 Ra40→ Ra12,5→ Ra6,3	1	Заготовка	1400	40	-	-
	Ra	6,35	1,6	2		2	Точіння чорнове	620	12,5	2,26	3,2
						3	Точіння чистове	620	6,3	1,0	1,98
						Загальне уточнення				2,26	6,35
№5, 1 торцева 132±0,5 Ra6,3 Заг.IT16 Ra40	d	1,6			IT16 → ±IT14/2→ ±IT14/2 Ra40→ Ra12,5→ Ra6,3	1	Заготовка	1600	40	-	-
	Ra	6,35	1,6	2		2	Точіння чорнове	1000	12,5	1,6	3,2
						3	Точіння чистове	1000	6,3	1,0	1,98
						Загальне уточнення				1,6	6,35
№6 циліндрична Ø33h14-0,62 Ra6,3 Заг.IT16 Ra40	d	2,26			IT16 → h14 → h14 Ra40→ Ra12,5→ Ra6,3	1	Заготовка	1400	40	-	-
	Ra	6,35	1,6	2		2	Точіння чорнове	620	12,5	2,26	3,2
						3	Точіння чистове	620	6,3	1,0	1,98
						Загальне уточнення				2,26	6,35
№7, 9 торцева 57±0,37 Ra6,3 Заг.IT16 Ra40	d	2,03			IT16 → ±IT14/2 → ±IT14/2 Ra40 → Ra12,5 → Ra6,3	1	Заготовка	1500	40	-	-
	Ra	6,35	1,6	2		2	Точіння чорнове	740	12,5	2,03	3,2
						3	Точіння чистове	740	6,3	1,0	1,98
						Загальне уточнення				2,03	6,35

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№8 циліндрична Ø35js6(±0,008) Ra0,8 Заг. IT16 Ra40	d	87,5	3,9	4	IT16 → h12→ h10→ h8→ h6 Ra40→ Ra6,3→ Ra3,2 → Ra1,6→ Ra0,8	1	Заготовка	1400	40	-	-
	Ra	50				2	Точіння чорнове	250	6,3	5,6	6,35
						3	Точіння напівчистове	100	3,2	2,5	1,97
						4	Точіння чистове	39	1,6	2,56	2
						5	Шліфування	16	0,8	2,44	2
						Загальне уточнення				87,4	50
№9, 11 торцева 93,6h14-0,87 Ra6,3 Заг. IT16 Ra40	d	1,72			IT16 → h14 → h14 Ra40→ Ra12,5→ Ra6,3	1	Заготовка	1500	40	-	-
	Ra	6,35	1,6	2		2	Точіння чорнове	870	12,5	1,72	3,2
						3	Точіння чистове	870	6,3	1	1,98
						Загальне уточнення				1,72	6,35
№10 циліндрична Ø40f8 ^{-0,025} _{-0,050} Ra0,8 Заг. IT16 Ra40	d	56	3,5	4	IT16 → h12→ h10→ h8→ h6 Ra40→ Ra6,3→ Ra3,2 → Ra1,6→ Ra0,8	1	Заготовка	1400	40	-	-
	Ra	50				2	Точіння чорнове	250	6,3	5,6	6,35
						3	Точіння напівчистове	100	3,2	2,5	1,97
						4	Точіння чистове	39	1,6	2,56	2
						5	Шліфування	25	0,8	1,56	2
						Загальне уточнення				55,9	50

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№12 циліндрична Ø30h6-0,013 Ra0,8 Заг. IT16 Ra40	d	107,7	4,1	1	IT16 → h12→ h10→ h8→ h6 Ra40→ Ra6,3→ Ra3,2 → Ra1,6→ Ra0,8	1	Заготовка	1400	40	-	-
	Ra	50				2	Точіння чорнове	210	6,3	6,67	6,35
						3	Точіння напівчистове	84	3,2	2,5	1,97
						4	Точіння чистове	33	1,6	2,55	2
						5	Шліфування	13	0,8	2,54	2
						Загальне уточнення				107,9	50
№13, 15 торцева 125±0,5 Ra6,3 Заг.IT16 Ra40	d	1,6			IT16 → ±IT14/2→ ±IT14/2 Ra40→ Ra12,5→ Ra6,3	1	Заготовка	1600	40	-	-
	Ra	6,35	1,6	2		2	Точіння чорнове	1000	12,5	1,6	3,2
						3	Точіння чистове	1000	6,3	1,0	1,98
						Загальне уточнення				1,6	6,35
№14 циліндрична Ø25js6(±0,0065) Ra0,8 Заг. IT16 Ra40	d	107,7	4,1	4	IT16 → h12→ h10→ h8→ h6 Ra40→ Ra6,3→ Ra3,2 → Ra1,6→ Ra0,8	1	Заготовка	1400	40	-	-
	Ra	50				2	Точіння чорнове	210	6,3	6,67	6,35
						3	Точіння напівчистове	84	3,2	2,5	1,97
						4	Точіння чистове	33	1,6	2,55	2
						5	Шліфування	13	0,8	2,54	2
						Загальне уточнення				107,9	50

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі (МВД) – це загальний план, у якому на основі компоновання 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:

На 1 етапі обробки виконується отримання заготовки методом штампування на КГШП та термічна обробка – нормалізацію, для зняття внутрішніх напружень після штампування.

Після отримання заготовки виконуються чорнові токарні операцій, на яких знамається окалина від штампування та отримуються базові поверхні деталі.

Після чорнової обробки необхідно отримати твердість деталі згідно технічних вимогам, тому виконуємо термічну обробку (гарт, відпустка).

Наступним етапом обробки є напівчистова та чистова механічні обробки, підготовка чистових баз, нарізання шліців та зубців, та шліфування поверхонь, які мають високі вимоги до виготовлення.

Заключним етапом виконуємо контроль оброблених поверхонь та відправляємо деталь на хімічне оксидування.

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 $\varnothing 25k6^{+0.015}_{+0.002}$, шорсткість поверхні $Ra0,8$ мкм. По [6, табл.23, стор.146] з урахуванням маси заготовки $Q = 4,80$ кг, матеріалу деталі - група сталі М1, ступінь складності штампування С1, габаритів поверхні для штамповки підвищеної точності визначаємо граничні відхилення заготовки: $Td_{заг} = \left(\begin{smallmatrix} +1,0 \\ -0,4 \end{smallmatrix} \right) = 1400$ мкм.

Встановлюємо нормативні значення показників якості поверхонь переходів механічної обробки:

Перехід 1 - заготовка: по [7, табл.12, стор.186]: $Rz = 200$ мкм; $h = 250$ мкм;

Сумарні відхилення розташування поверхонь:

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

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

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

де $\Delta_{кор}$ – кривизна заготовок, $\Delta_{кор} = 3$ мкм/мм [7, табл.16, стор.186];

$$\rho_{кор} = 3 \cdot 25 = 75 \text{ мкм.}$$

$\rho_{см}$ – короблення зміщення, $\rho_{см} = 450$ мкм [7, табл.18, стор.187];

$$\rho_{заг} = \sqrt{75^2 + 450^2} = 456 \text{ мкм.}$$

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

$$\rho_2 = 1,5 \cdot 25 = 38 \text{ мкм.}$$

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];

$$\rho_3 = 456 \cdot 0,06 = 27 \text{ мкм.}$$

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

де ε_3 — похибка встановлення деталі при закріпленні;

$$\varepsilon_3 = 0,25\sqrt{1,4^2 + 1} = 430 \text{ мкм.}$$

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

$$\rho_4 = 1,5 \cdot 25 = 38 \text{ мкм.}$$

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

$$\rho_5 = 38 \cdot 0,05 = 2 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_5 = 430 \cdot 0,05 = 22 \text{ мкм.}$$

Перехід 6 – точіння чистове: $Rz = 10 \text{ мкм}$; $h = 20 \text{ мкм}$, $\rho_6 = 0 \text{ мкм}$, $\varepsilon_6 = 1 \text{ мкм}$.

Перехід 7 – шліфування: $Rz = 5 \text{ мкм}$; $h = 15 \text{ мкм}$, $\rho_7 = 0 \text{ мкм}$, $\varepsilon_7 = 0 \text{ мкм}$.

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;

ρ_{i-1} – сумарні відхилення розташування поверхонь на попередньому переході;

ε_i – похибка установки заготовки на переході.

$$2Z_{3 \min} = 2 \left[200 + 250 + \sqrt{456^2 + 430^2} \right] = 2154 \text{ мкм};$$

$$2Z_{5 \min} = 2 \left[50 + 50 + \sqrt{27^2 + 22^2} \right] = 270 \text{ мкм};$$

$$2Z_{6 \min} = 2 \left[25 + 25 + \sqrt{2^2 + 1^2} \right] = 105 \text{ мкм};$$

$$2Z_{7 \min} = 2 \left[10 + 20 + \sqrt{0^2 + 0^2} \right] = 60 \text{ мкм};$$

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

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

$$d_{6 \max} = d_{7 \max} + 2Z_{7 \min} + Td_6 = 25,015 + 0,06 + 0,033 = 25,108 \text{ мм}$$

$$d_{5 \max} = d_{6 \max} + 2Z_{6 \min} + Td_5 = 25,108 + 0,105 + 0,084 = 25,297 \text{ мм}$$

$$d_{3 \max} = d_{5 \max} + 2Z_{5 \min} + Td_3 = 25,297 + 0,27 + 0,21 = 25,777 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } d_{3 \max} = 25,78 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг} \max} = d_{3 \max} + 2Z_{3 \min} + Td_{\text{заг}} = 25,78 + 2,154 + 1,4 = 29,334 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } d_{\text{заг} \max} = 29,3 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні розміри:

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

$$d_{\text{заг} \min} = d_{\text{заг} \max} - Td_{\text{заг}} = 29,3 - 1,4 = 27,9 \text{ мм}$$

$$d_{3 \min} = d_{3 \max} - Td_3 = 25,78 - 0,21 = 25,57 \text{ мм}$$

$$d_{5 \min} = d_{5 \max} - Td_5 = 25,297 - 0,084 = 25,213 \text{ мм}$$

$$d_{6 \min} = d_{6 \max} - Td_6 = 25,108 - 0,033 = 25,075 \text{ мм}$$

$$d_{7 \min} = d_{7 \max} - Td_7 = 25,015 - 0,013 = 25,002 \text{ мм}$$

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

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

$$2Z_{3 \max} = d_{\text{заг} \max} - d_{3 \min} = 29,3 - 25,57 = 3,73 \text{ мм}$$

$$2Z_{5 \max} = d_{3 \max} - d_{5 \min} = 25,78 - 25,213 = 0,567 \text{ мм}$$

$$2Z_{6 \max} = d_{5 \max} - d_{6 \min} = 25,297 - 25,075 = 0,222 \text{ мм}$$

$$2Z_{7 \max} = d_{6 \max} - d_{7 \min} = 25,108 - 25,002 = 0,106 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні значення припусків:

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

$$2Z_{3 \min} = d_{\text{заг} \min} - d_{3 \max} = 27,9 - 25,78 = 2,12 \text{ мм}$$

$$2Z_{5 \min} = d_{3 \min} - d_{5 \max} = 25,57 - 25,297 = 0,273 \text{ мм}$$

$$2Z_{6 \min} = d_{5 \min} - d_{6 \max} = 25,213 - 25,108 = 0,105 \text{ мм}$$

$$2Z_{7 \min} = d_{6 \min} - d_{7 \max} = 25,075 - 25,015 = 0,06 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку розрахунків за контрольним правилом:

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

$$2Z_{0 \max} = d_{\text{заг} \max} - d_{7 \min} = 29,3 - 25,002 = 4,298 \text{ мм}$$

$$2Z_{0 \min} = d_{\text{заг} \min} - d_{7 \max} = 27,9 - 25,015 = 2,885 \text{ мм}$$

$$4,298 - 2,885 = 1,4 + 0,013 = 1,413$$

Визначаємо номінальний розмір заготовки та технологічні виконавчі розміри:

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

$$d_{\text{заг ном}} = 27,9 + 0,4 = 29,3 - 1 = 28,3$$

$$d_{\text{заг}} = \varnothing 28,3^{+1,0}_{-0,4};$$

$$d_3 = \varnothing 25,57_{-0,21}; \quad d_5 = \varnothing 25,213_{-0,084}; \quad d_6 = \varnothing 25,075_{-0,033}; \quad d_7 = \varnothing 25,015_{-0,013};$$

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 $Q = 4,8$ кг, матеріалу деталі - група сталі М1, ступінь складності штампування С1, клас чистоти поверхні деталі, розмірний інтервал, знаходимо загальний мінімальний припуск на заготовку для розміру $584h14_{-1,55}$: $Z_{0 \text{ min}} = 1,9$ мм на сторону. 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;

$$2Z_{3 \text{ min}} = 0,8 \cdot 1,9 = 3,0 \text{ мм}$$

$$2Z_{5 \text{ min}} = 0,2 \cdot 1,9 = 0,8 \text{ мм}$$

Розглянута поверхня зовнішня, тому розрахункові розміри визначаємо як максимальні.

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

$$l_{3 \max} = l_{5 \max} + 2Z_{5 \min} + Tl_3 = 584 + 0,8 + 1,55 = 586,35 \text{ мм}$$

$$l_{\text{заг} \max} = l_{3 \max} + 2Z_{3 \min} + Tl_{\text{заг}} = 586,35 + 3 + 2,5 = 591,85 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } l_{\text{заг} \max} = 591,9 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні розміри:

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

$$l_{\text{заг} \min} = l_{\text{заг} \max} - Tl_{\text{заг}} = 591,9 - 2,5 = 589,4 \text{ мм}$$

$$l_{3 \min} = l_{3 \max} - Tl_3 = 586,35 - 1,55 = 584,8 \text{ мм}$$

$$l_{5 \min} = l_{5 \max} - Tl_5 = 584 - 1,55 = 582,45 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні значення припусків для переходів механічної обробки.

Розраховуємо максимальні значення припусків:

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

$$2Z_{3 \max} = l_{\text{заг} \max} - l_{3 \min} = 591,9 - 584,8 = 7,1 \text{ мм}$$

$$2Z_{5 \max} = l_{3 \max} - l_{5 \min} = 586,35 - 582,45 = 3,9 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні значення припусків:

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

$$Z_{3 \min} = l_{\text{заг} \min} - l_{3 \max} = 589,4 - 586,35 = 3,05 \text{ мм}$$

$$Z_{5 \min} = l_{3 \min} - l_{5 \max} = 584,8 - 584 = 0,8 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку розрахунків за контрольним правилом:

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

$$2Z_{0 \max} = l_{\text{заг} \max} - l_{5 \min} = 591,9 - 582,45 = 9,45 \text{ мм}$$

$$2Z_{0 \min} = l_{\text{заг} \min} - l_{5 \max} = 589,4 - 584 = 5,4 \text{ мм}$$

$$9,45 - 5,4 = 2,5 + 1,55 = 4,05$$

Визначаємо номінальний розмір заготовки та технологічні виконавчі розміри:

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

$$l_{\text{заг ном}} = 589,4 + 0,9 = 591,9 - 1,6 = 590,3 \text{ мм}$$

$$l_{\text{заг}} = 590,3^{+1,6}_{-0,9};$$

$$l_3 = 586,35_{-1,55}; \, l_5 = 584_{-1,55};$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.6.

1.6 Розрахунок режимів різання

1.6.1 Операція 015 – Токарна

Визначаємо режими різання та основного часу аналітичним способом на операцію 020 – токарну (рис.1.6). Обробка виконується на токарному верстаті 16K20, технічні характеристики якого вказані у [10, стор. 421]. Обробка виконується у центрах обертальних.

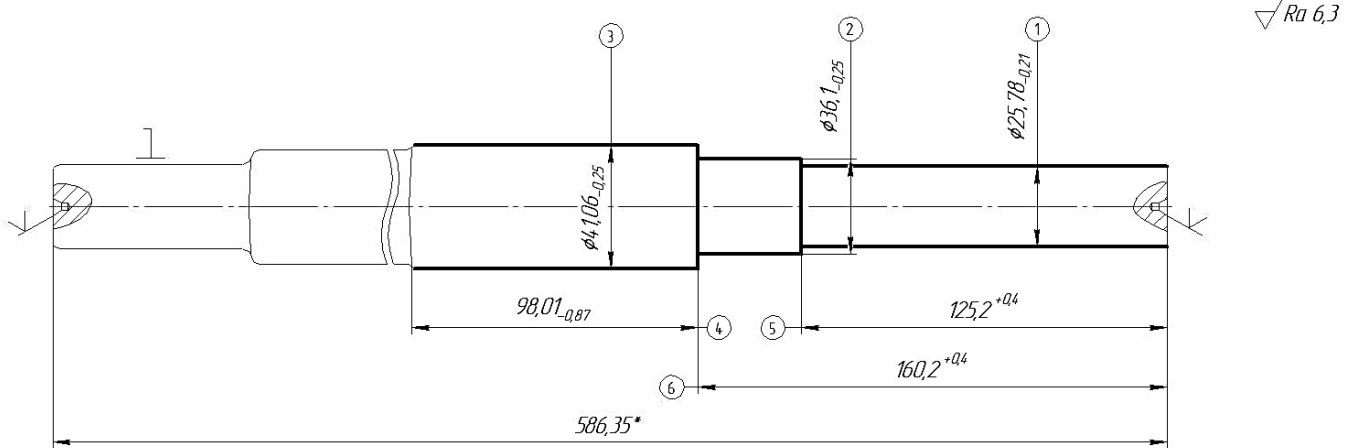


Рисунок 1.6 – Ескіз до обробки на операції 020 – токарної

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:

$$t = \frac{\phi 28,3 - \phi 25,78}{2} = 1,26 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу - S_0 мм/об [7,стор.268, табл.11] $S_0 = 0,25$ мм/об

Коректуємо значення подачі за паспортом верстату, приймаємо менше значення $S_{0\text{вт}}$ (мм/об) [10,стор.421]. Приймаємо $S_{0\text{вт}} = 0,25$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання, яка допускається властивостями різця за формулою:

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

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_{Γ} - 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].

$$K_v = 1,0 \left(\frac{750}{600} \right)^{1,0} \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,91$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1,26^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,91 = 179,3 \text{ м/хв}$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 179,3}{3,14 \cdot 25,78} = 2215$$

Одержані значення частоти обертів, оброблюваної деталі коректуємо за паспортом верстату та приймаємо найближче менше значення $n_{BT} (xv^{-1})$ [10,с.421],
 $n_{BT} = 1600 \text{ } xv^{-1}$

Визначаємо дійсну швидкість різання в м/хв.

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{BT}}{1000}, \quad (1.29)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 25,78 \cdot 1600}{1000} = 129,5 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання P_z за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V_d^n \cdot K_p, \quad (1.30)$$

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_{mp} - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив фізико - механічних властивостей оброблюваного матеріалу на силові залежності [7,стор. 264,табл. 9].

$K_{\varphi p}, K_{yp}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив геометричних параметрів різця на силу різання [7,стор. 275,табл. 23].

$$K_p = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} \cdot 0,89 \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,94$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,26^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 129,5^{-0,15} \cdot 0,94 = 605,7 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність, витрачену на різання в кВт.

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

$$N = \frac{605,7 \cdot 129,5}{1020 \cdot 60} = 1,28 \text{ кВт}$$

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], $N_{\text{дв}} = 6,3 \text{ кВт}$, $\eta = 0,7$

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

$$1,28 \text{ кВт} < 4,41 \text{ кВт} \text{ — умова виконується}$$

Визначаємо машинний час за формулою:

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

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 врзання мм, де φ – головний кут в плані;

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

$$t_0 = \frac{125,2 + 1,26 + 3}{1600 \cdot 0,25} \cdot 1 = 0,32 \text{ хв}$$

Аналогічно проводимо розрахунок режимів для інших переходів.

1.6.2 Операція 070 – Комплексна з ЧПК

Визначаємо режими різання та основного часу за допомогою табличних даних на операцію 070 – горизонтально-свердлильну з ЧПК (рис.1.7) для переходу фрезерування пазу. Обробка виконується на верстаті з ЧПК HAAS UMC-500 [11].

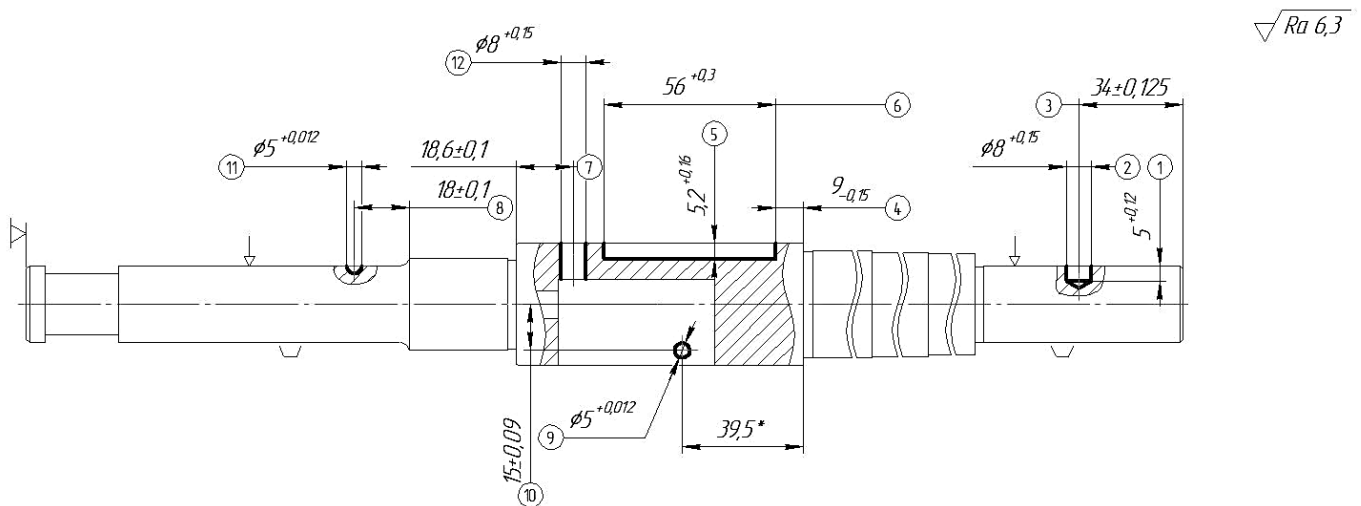


Рисунок 1.7 – Ескіз до операції 070 – комплексна з ЧПК

Обираємо за каталогом [12] фрезу EC-E4L 10-22/32C10CFR0.5 (рисунок 1.8).

З характеристики фрези приймаємо подачу $S_z = 0,05$ мм/об.

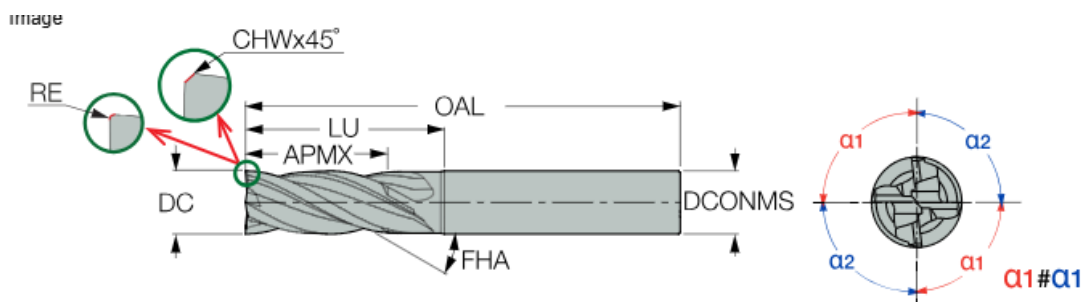


Рисунок 1.8 - Фреза EC-E4L 10-22/32C10CFR0.5

Рекомендована швидкість різання, яка допускається властивостями ріжучої пластини знаходиться у діапазоні 70...120 м/хв. Приймаємо 100 м/хв.

Визначаємо глибину різання для фрезерування уступа $t = 5,2$ мм.

Визначаємо частоту обертів фрези, n , хв^{-1} , яка відповідає знайденій швидкості головного руху різання за формулою (1.23):

$$n = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 10} = 3185 \text{ хв}^{-1}$$

Так як верстат з ЧПК має безступінчасте регулювання частоти обертання, приймаємо $n_{\text{вт}} = 3000 \text{ хв}^{-1}$.

Визначаємо дійсну швидкість різання V_d , м/хв, за формулою (1.24):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 3000}{1000} = 94,2 \text{ м/хв}$$

Дійсна швидкість різання входить у рекомендований діапазон.

Визначаємо хвилинну подачу при фрезеруванні $S_{\text{хв}}$, мм/хв, шпонкового паза за формулою:

$$S_{\text{хв}} = S_z \cdot n \cdot z \quad (1.36)$$

де $z = 4$, – кількість ріжучих кромок фрези;

$$S_{\text{хв}} = 0,05 \cdot 3000 \cdot 4 = 600 \text{ мм/хв}$$

Приймаємо $S_{\text{хв}} = 150 \text{ мм/хв}$.

Визначаємо силу різання при фрезеруванні P_z , Н, за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} \quad (1.37)$$

де z – кількість зубців фрези;

n – частота обертання фрези;

C_p, x, y, u, q, w – визначаємо по [7, стр.291, табл.41]; $C_p = 68,2, x = 0,86, y = 0,72, u = 1,0, q = 0,86, w = 0$;

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 5,2^{0,86} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 10^{1,0} \cdot 4}{10^{0,86} \cdot 3000^0} \cdot 0,96 = 1726,4 \text{ Н}$$

Визначаємо крутний момент фрези $M_{кр}$, Н, за формулою:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D_{фр}}{2 \cdot 100}, \quad (1.38)$$

$$M_{кр} = \frac{1726,4 \cdot 10}{2 \cdot 100} = 86,32 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо потужність, витрачену на фрезерування N , кВт, за формулою (1.32):

$$N = \frac{1726,4 \cdot 94,2}{1020 \cdot 60} = 2,66 \text{ кВт} < 15 \text{ кВт}$$

Умова виконується, обробка можлива.

Визначаємо машинний час при фрезеруванні t_0 , хв, за формулою:

$$t_0 = \frac{L}{S_{хв}} \cdot i, \quad (1.39)$$

де L – шлях, пройдений інструментом у напрямі руху подачі, мм

i – кількість проходів фрези

$$L = l + y + \Delta, \quad (1.40)$$

де l – довжина поверхні, яка оброблюється мм

y – величина врізання інструменту, мм

Δ – величина перебігу, мм.

$$y = 0,5 \cdot D, \text{ мм} \quad (1.41)$$

$$y = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ мм}$$

$$L = 56 + 5 + 5 = 66 \text{ мм}$$

$$t_0 = \frac{66}{150} = 0,44 \text{ хв}$$

1.6.3 Операція 085 – Круглошліфувальна

Визначаємо режими різання та основного часу табличним способом на операцію 085 – круглошліфувальну (рис.1.9). Обробка виконується на верстаті мод. 3М131 [11].

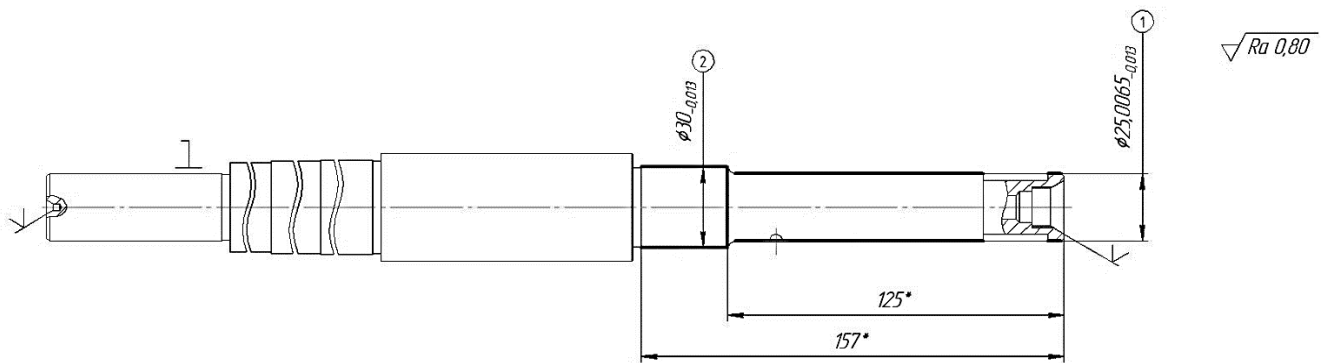


Рисунок 1.9 – Ескіз до обробки на операції 085 – круглошліфувальна

Для шліфування поверхні Ø30 обираємо круг – 1 (з прямим профілем) з розмірами 600х63х100 мм, матеріал абразивного круга – 15А40С1К. Обробку виконуємо методом врізання з радіальною подачею. Припуск для шліфування складає $h = 0,067$ мм.

Приймаємо колову швидкість заготовки $V_z = 35$ м/хв [7, стор.301, табл.55].

По прийнятій V_z визначаємо частоту обертання заготовки по (1.28) та приймаємо найближче значення по паспорту верстата:

$$n_z = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 30} = 372 \text{ об/хв.}$$

По паспорту верстата [11] приймаємо $n_3 = 350$ об/хв.

Приймаємо колову швидкість абразивного круга $V_k = 35$ м/с по [7, стр.301, табл.55].

По паспорту верстата [11] приймаємо $n_k = 1112$ об/хв.

Призначаємо радіальну подачу, мм/об по [7, стор. 301, табл. 55], $S_t = 0,0015$ мм/об.

Визначаємо час на обробку за формулою:

$$t_0 = \frac{h}{n_3 \cdot S_t} \quad (1.42)$$

$$t_0 = \frac{0,067}{350 \cdot 0,0015} = 0,13 \text{ хв}$$

1.7 Технічне нормування операцій

1.7.1 Операція 020 - Токарна

Допоміжний час визначається за формулою:

$$t_{\text{доп}} = t_y + t_{\text{упр}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.43)$$

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];

$$t_{\text{доп}} = 0,1 + 0,1 + 0,62 = 0,82 \text{ хв}$$

Оперативний час визначається за формулою:

$$t_{\text{оп}} = t_0 + t_{\text{доп}}, \quad (1.44)$$

$$t_{\text{оп}} = 0,86 + 0,82 = 1,68 \text{ хв}$$

Додатковий час визначається за формулою:

$$t_{\text{дод}} = (\alpha_{\text{тех}} + \alpha_{\text{відп}}) \cdot t_{\text{оп}}, \quad (1.45)$$

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];

$$t_{\text{дод}} = (0,06 + 0,04) \cdot 1,68 = 0,17 \text{ хв}$$

Штучний час визначається за формулою:

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

$$t_{\text{шт}} = 1,68 + 0,17 = 1,85 \text{ хв}$$

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, $t_{\text{пз1}} = 15$ хв; [13, стор.135, к.49];

$t_{\text{пз2}}$ -норматив часу на установку ріжучого інструменту, $t_{\text{пз2}} = 9$ хв; [13, стор.135, к.49];

$t_{\text{пз3}}$ -норматив часу на отримання ріжучого інструменту і здача його після закінчення зміни, $t_{\text{пз3}} = 9$ хв; [13, стор.135, к.49];

$$t_{\text{пз}} = 15 + 9 + 9 = 33 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

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

$$t_{\text{шк}} = 1,85 + \frac{33}{40} = 2,68 \text{ хв}$$

1.7.2 Операція 070 – Комплексна з ЧПК

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.43), при цьому $t_y = 0,1$, [13, стор.438, к.63]; $t_{\text{упр}} = 0,3$ [13, стор.440, к.64]; $t_{\text{контр}} = 0,61$, [13, стор.446, к.67].

$$t_{\text{доп}} = 0,1 + 0,3 + 0,61 = 1,01 \text{ хв}$$

Оперативний час визначаємо за формулою (1.44):

$$t_{\text{оп}} = 1,02 + 1,01 = 2,03 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час за формулою (1.45), де $\alpha_{\text{тех}}$ визначаємо по [13, стор.422, к.56], $\alpha_{\text{відп}}$ по [13, стор.422, к.56].

$$t_{\text{дод}} = (0,07 + 0,03) \cdot 2,03 = 0,203 \text{ хв}$$

Штучний час визначаємо за формулою (1.46):

$$t_{\text{шт}} = 2,03 + 0,203 = 2,23 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час визначаємо за формулою (1.55), де $t_{\text{пз1}} = 17$ хв, [13, стор.422, к.56]; $t_{\text{пз2}} = 4$ хв, [13, стор.422, к.56]; $t_{\text{пз3}} = 7$ хв, [13, стор.422, к.56].

$$t_{\text{пз}} = 17 + 4 + 7 = 28 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою (1.47):

$$t_{\text{шк}} = 2,23 + \frac{28}{40} = 2,93 \text{ хв}$$

1.7.3 Операція 085 – Круглошліфувальний

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.42), при цьому $t_y = 0,1$, [13, стор.56, к.5]; $t_{\text{упр}} = 0,3$ [13, стор.79, к.14]; $t_{\text{контр}} = 0,2$, [13, стор.81, к.15].

$$t_{\text{доп}} = 0,1 + 0,3 + 0,2 = 0,6 \text{ хв}$$

Оперативний час визначаємо за формулою (1.43):

$$t_{\text{оп}} = 1,29 + 0,6 = 1,89 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час за формулою (1.44), де $\alpha_{\text{тех}}$ визначаємо по [13, стор.91, к.16], $\alpha_{\text{відп}}$ по [13, стор.92, к.17].

$$t_{\text{дод}} = (0,06 + 0,04) \cdot 1,89 = 0,19 \text{ хв}$$

Штучний час визначаємо за формулою (1.45):

$$t_{\text{шт}} = 1,89 + 0,19 = 2,08 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час визначаємо за формулою (1.46), де $t_{\text{пз1}} = 13$ хв, [13, стор.96, к.21]; $t_{\text{пз2}} = 5$ хв, [13, стор.97, к.21]; $t_{\text{пз3}} = 6$ хв, [13, стор.104, к.28].

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

Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою (1.47):

$$t_{\text{шк}} = 2,08 + \frac{24}{40} = 2,68 \text{ хв}$$

Всі розрахунки норм часу зводимо у таблицю 1.7.

Таблиця 1.7 – Норми часу по операціям

№ оп.	Найменування операції	Обладнання	t_0 , хв	$t_{\text{доп}}$, хв	$t_{\text{оп}}$, хв	$t_{\text{дод}}$, хв	$t_{\text{шт}}$, хв	$t_{\text{пз}}$, хв	$t_{\text{ш.к}}$, хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
015	Фрезерно-центрувальна	MP-71M	1,15	0,96	2,11	0,21	2,32	27	3,00
020	Токарна	16K20	0,86	0,82	1,68	0,17	1,85	33	2,67
025	Токарна	16K20	0,97	0,87	1,84	0,18	2,02	33	2,85
035	Фрезерно-центрувальна	MP-71M	0,83	0,8	1,63	0,16	1,79	33	2,62
040	Токарна з ЧПК	HAAS ST-40	1,06	0,69	1,75	0,18	1,93	29	2,65
045	Токарна з ЧПК	HAAS ST-40	1,07	0,64	1,71	0,17	1,88	29	2,61
050	Горизонтально-розточна	2A614	2,15	0,73	2,88	0,29	3,17	27	3,84
055	Токарна з ЧПК	HAAS ST-40	2,57	0,76	3,33	0,33	3,66	29	4,39
060	Токарна з ЧПК	HAAS ST-40	2,69	0,92	3,61	0,36	3,97	29	4,70
065	Вертикально-фрезерна з ЧПК	HAAS UMC-500	3,18	1,2	4,38	0,44	4,82	32	5,62
070	Комплексна з ЧПК	HAAS UMC-500	1,02	1,01	2,03	0,20	2,23	28	2,93
080	Круглошліфувальна	3M131	1,79	0,66	2,45	0,25	2,70	24	3,30
085	Круглошліфувальна	3M131	1,29	0,6	1,89	0,19	2,08	24	2,68

1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

Керуючу програму розробляємо для операції 070 – комплексна з ЧПК, де відбувається свердління отворів, фрезерування шпонкових пазів. Розробку виконуємо у конструкторському пакеті Siemens NX.

Створити 3д модель деталі, яка буде утворюватись після обробки на операції 070 (рис.1.10) та 3д модель, яка є вихідною заготовкою на операції 065 (рис.1.11).

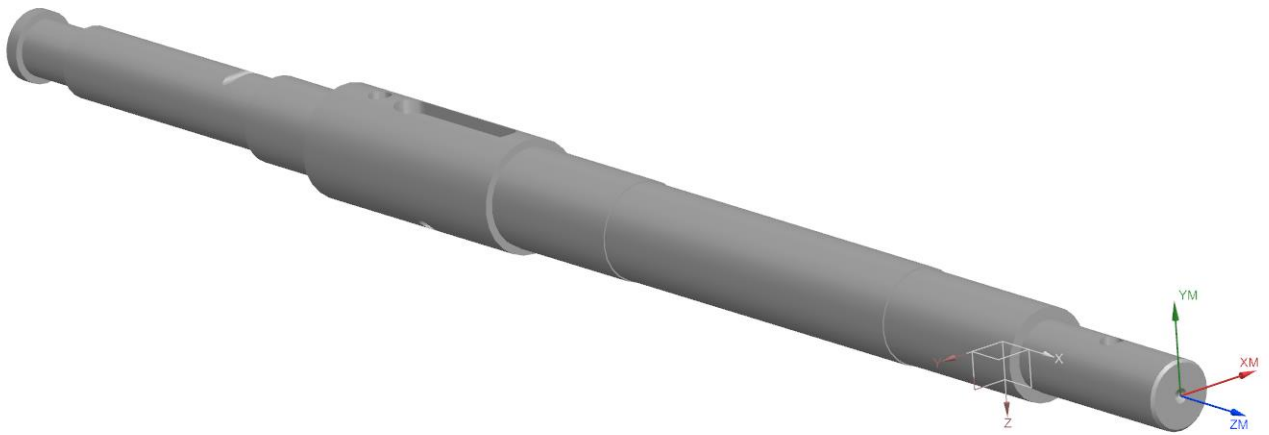


Рисунок 1.10 – 3д моделі деталі після обробки

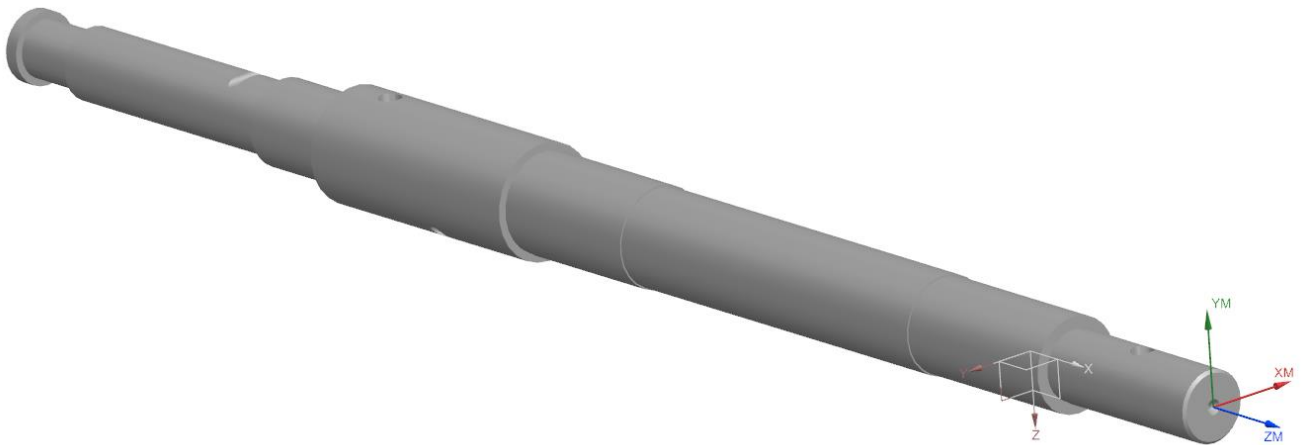


Рисунок 1.11 – 3д модель деталі перед обробкою

Після завантаження 3д моделей у програму виконуємо налаштування системи координат. (рис.1.12).

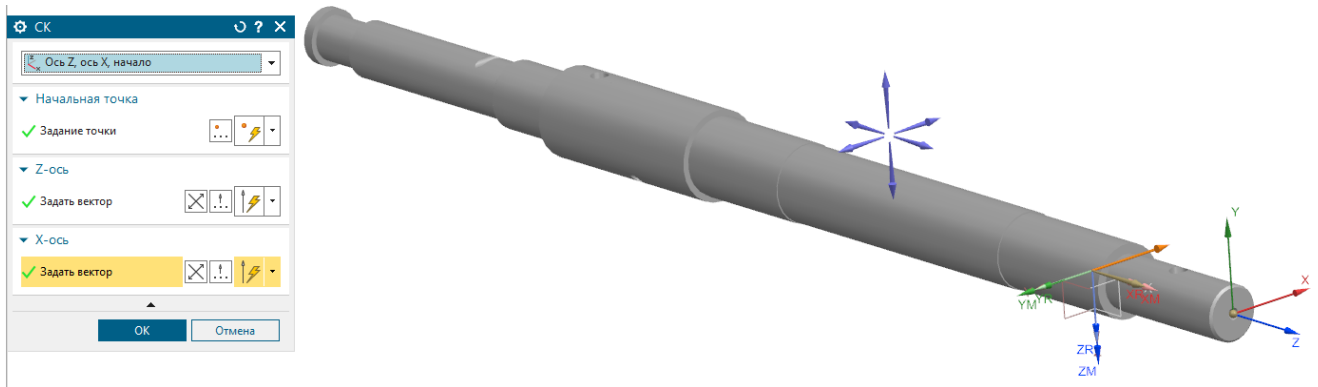


Рисунок 1.12 – Налаштування систем координат

За допомогою команди  Створення інструмента створюємо ріжучий інструмент – фрезу Ø10.

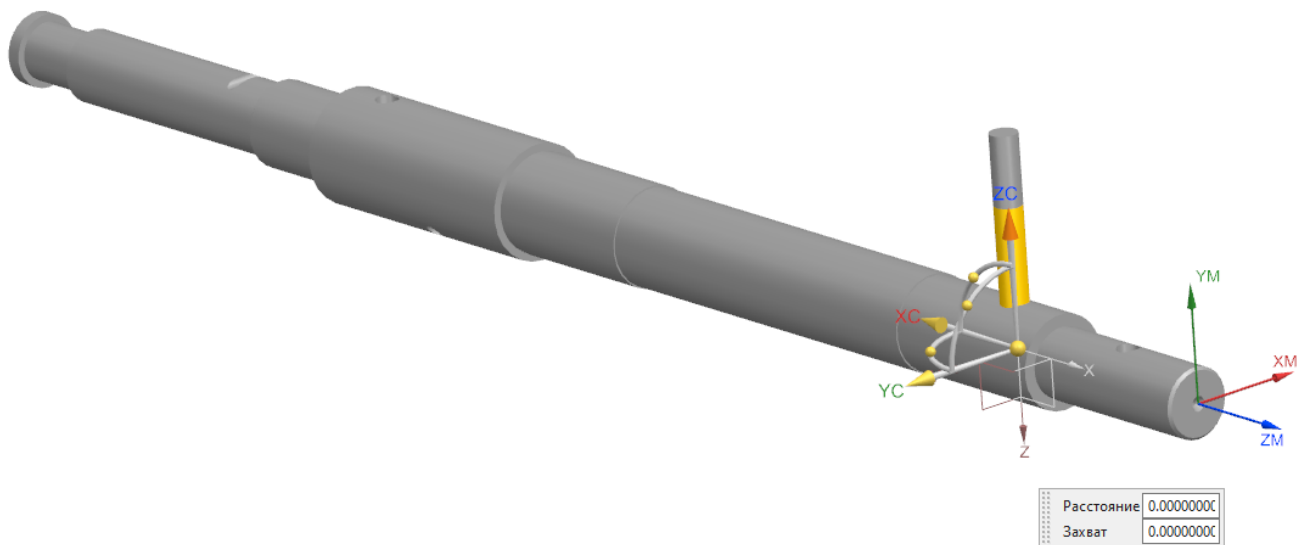
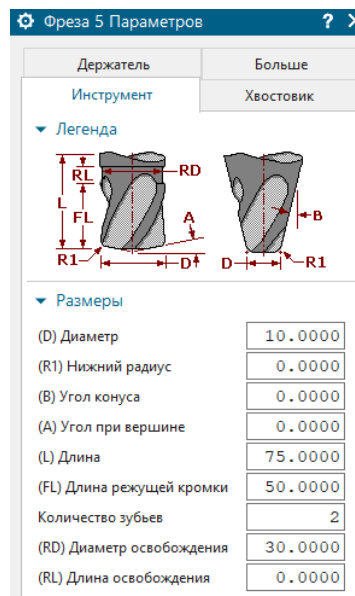


Рисунок 1.16 – Створення ріжучого інструменту



За допомогою команди **Создание операции** створюємо операцію фрезерування, де встановлюємо площину обробки та вказуємо геометрію обробки (рисю 1.17).



Рисунок 1.17 – Створення операції фрезерування

Після всіх налаштувань, генеруємо КП для операції у постпроцесорі. Керуюча програма показана у Додатку Б.

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

На операції 070 – комплексної з ЧПК використовується пневматичне пристосування (рис. 2.1). Пристосування встановлюється на столі верстата HAAS UMC-500.

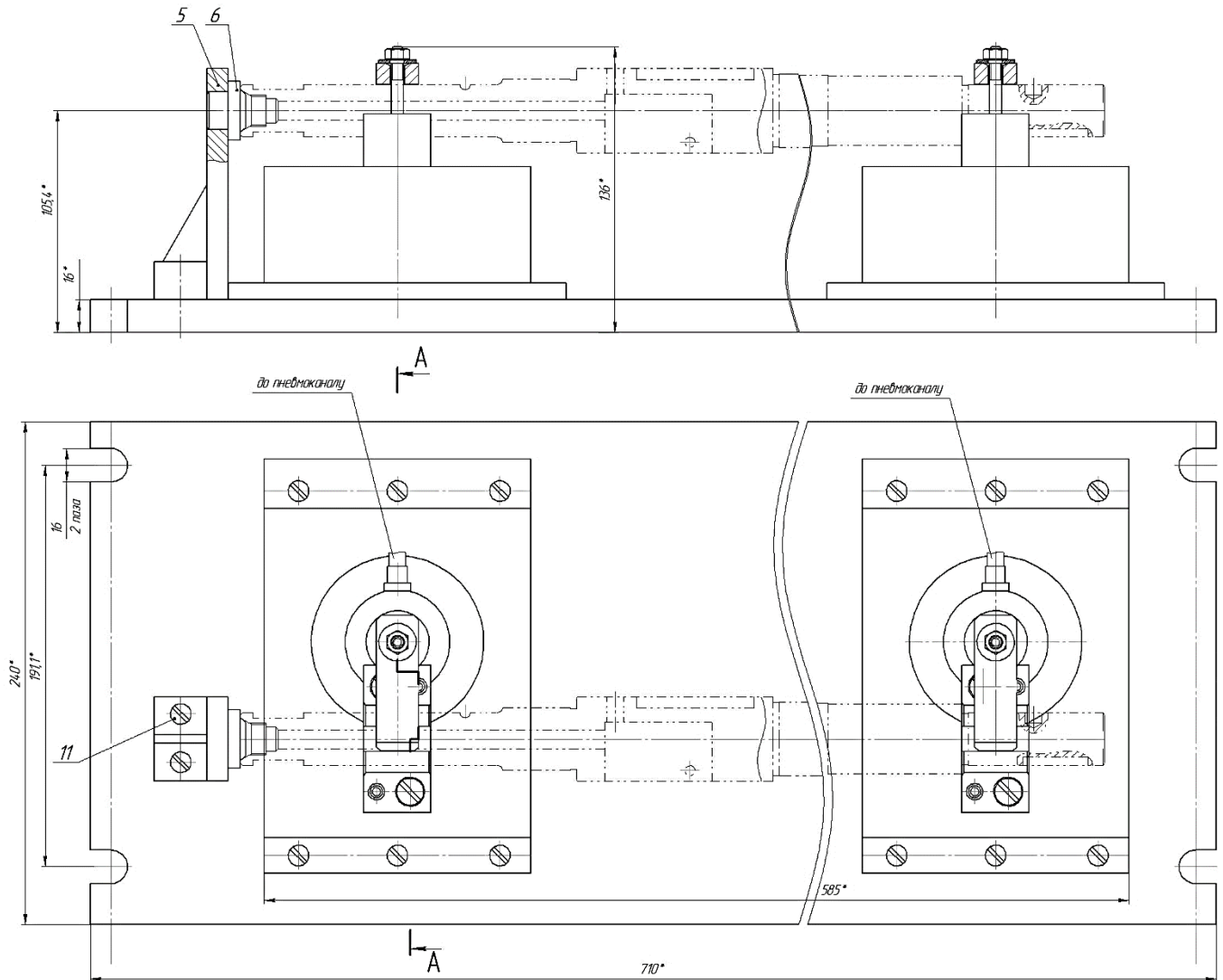
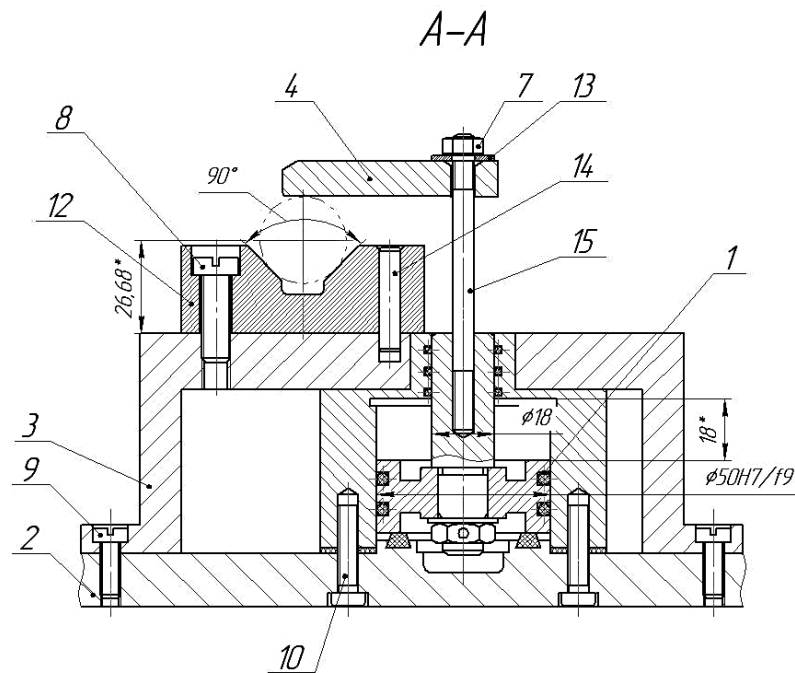


Рисунок 2.1 – Ескіз пристосування для комплексної обробки



Продовження рисунку 2.1, аркуш 2

Для затиску деталі «Вал фрезерного верстата» 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, [14].

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, [14].

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, [14].

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Пристосування складається з двох пневмоциліндрів 1, які встановлюються на плиту 2. До плити 2 кріпиться корпус 3, на який встановлюються призми 12, які призначені для встановлення та центрування деталі. Затиск відбувається за допомогою прихватів 4, які закріплені до штоку пневмоциліндра.

Упор 5 з центром 6 призначені для упору деталі у пристосуванні.

Пристосування закріплюється на столі верстата за допомогою гвинтів M16.

Характерною особливістю пристосування є наявність двох пневмоциліндрів, які встановлюються окремо, але синхронизовані у роботі.

При потраплянні по пневмоканалам стислого повітря до верхньої частини пневмоциліндра поршень зі штоком зміщується вниз та тягне за собою прихват 4, який закріплен на шпильці 15. Зусилля на штоці передається через шпильку 15 та на прихват 4, що дозволяє надійно закріпити деталь у пристосуванні.

При потраплянні стислого повітря у нижню частину пневмоциліндра поршень зі штоком переміщується вгору та тиск на деталь послаблюється. Таким чином відбувається розкріплення деталі.

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність

Деталь «Вал фрезерного верстата» встановлюється у призму (рис. 2.2).

Визначаємо похибку встановлення на розмір $5,2^{+0,16}$ під час фрезерування паза по [14, стр.51].

Похибка встановлення визначається за формулою:

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

де ε_3 — частина загальної похибки встановлення, викликана зміщенням вимірювальної бази відносно встановленого на розмір ріжучого інструмента під дією прикладених сил закріплення;

ε_6 — частина загальної похибки встановлення, викликана неспівпадінням вимірювальної та налагоджувальної баз.

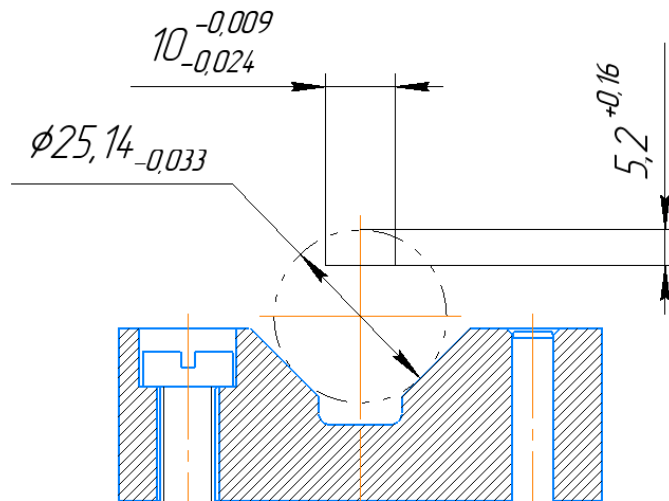


Рисунок 2.2 – Схема встановлення деталі

Визначаємо похибку базування визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_{6H} = k_1 \cdot T_d \quad (2.2)$$

де k_1 — коефіцієнт, який знаходимо за табл. 4.1 [1, стор. 34]; $k_1 = 0,21$.

$$T_d = 0,033 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{6H} = 0,21 \cdot 0,033 = 0,007 \text{ мм}$$

Напрямок сили закріплення збігається з розміром обробки, то похибку закріплення необхідно врахувати.

Визначаємо похибку закріплення за формулою:

$$\varepsilon_{3H} = \varepsilon_{3 \text{ табл}} \cdot \sin \alpha / 2$$

$\varepsilon_{3 \text{ табл}}$ визначаємо по [1, стор. 50] при встановленні на чистооброблену поверхню,

$$\varepsilon_{3 \text{ табл}} = 30 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_{3H} = 0,030 \cdot \sin 45^\circ = 0,021 \text{ мм}$$

Тоді за формулою (2.1):

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{0,007^2 + 0,021^2} = 0,022 \text{ мм}$$

Похибка встановлення має бути менше третини допуску на одержуваний розмір (0,16 мм), тобто:

$$0,022 \leq 1/3 \cdot 0,16 = 0,053 \text{ мм}$$

Таким чином, розрахунки показали, що схема встановлення деталі допустима.

Визначимо розмір установка при фрезеруванні паза на розмір $10_{-0,024}^{-0,009}$. Товщина щупа $S=3_{-0,006}$ мм. Розрахунок виконуємо згідно рекомендаціям [14, стр.80].

Визначаємо середній розмір обробки отвору:

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

де TB – допуск на виготовлення отвору, $TB = 0,015$ мм;

$$\frac{B_{\text{cp}}}{2} = \frac{\left(10 + \frac{0,015}{2}\right)}{2} = 5,004 \text{ мм}$$

Визначаємо середній розмір висоти установка:

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

$$H_{\text{cp}} = 5,004 + 3 = 8,004 \text{ мм}$$

Визначаємо допуск на виготовлення установка по формулі:

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

де $T_{T.T.}$ — допуск на відхилення вісі відносно отвору, $T_{T.T.} = 0,2$ мм;

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

ω — середня економічна точність обробки., визначаємо по [14, табл.5.5].

$$T_H = 0,2 - 0,6 \cdot 0,02 = 0,188 \text{ мм}$$

Приймаємо $T_H = 0,15$ мм.

Визначаємо виконавчий розмір установка:

$$\boxed{H} = 8,004^{+0,15} \text{ мм}$$

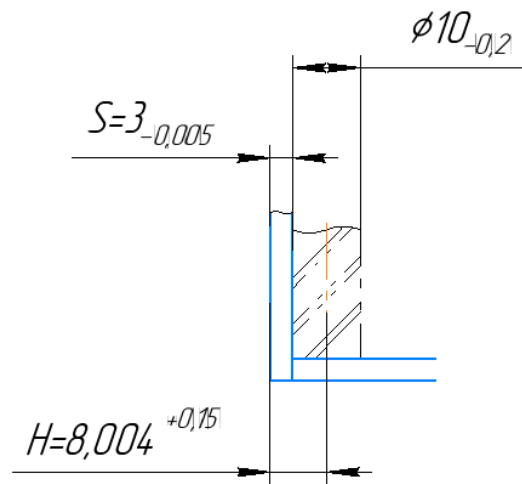


Рисунок 2.3 – Схема налаштування інструмента для свердління

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Розрахунок сили затиску ведемо відносно найбільшої сили різання та крутного моменту, які попередньо розраховані у п.1.6 та складають $P_z = 1726,4 \text{ Н}$, $M_{кр} = 86,32 \text{ Нм}$.

Силу затиску W у пристосуванні при встановленні заготовки у призмі визначаємо за формулою [5, стр. 106, табл. 6,3]:

$$W = \frac{k \cdot M_{кр}}{f \cdot \sin \alpha/2} \quad (1.40)$$

де f – коефіцієнт тертя дотичних поверхонь, $f = 0,16$;

k – коефіцієнт запасу;

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (1.41)$$

де k_0 - гарантований коефіцієнт запасу закріплення [5, стр.103]; $k_0 = 1,5$;

k_1 - коефіцієнт, що враховує зміну сил різання в процесі обробки [5, стр.103]; $k_1 = 1,0$;

k_2 - коефіцієнт, що залежить від виду обробки, оброблюваного матеріалу і нерівномірного зносу різального інструменту [5, стр.103], $k_2 = 1,6$;

k_3 - коефіцієнт, що враховує умови переривчастого виду обробки, в умовах плавної обробки [5, стр.103], $k_3 = 1,0$;

k_4 - коефіцієнт, що характеризує затискний пристрій з точки зору сталості сил затиску [5, стр.102], $k_4 = 1,0$;

k_5 - коефіцієнт, що характеризує зручність розміщення рукоятки для ручних затискачів [5, стр.102], $k_5 = 1,2$;

k_6 - коефіцієнт, враховується, коли розрахунок сил затиску здійснюється з урахуванням моментів різання і залежить від виду опорної поверхні пристосування [5, стр.102], $k_6 = 1,0$;

$$k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 2,88$$

$$W = \frac{2,88 \cdot 86,32}{0,16 \cdot 0,707} = 2197,7 \text{ Н}$$

Сила привода Q для забезпечення необхідної сили затиску заготовки визначаємо за формулою :

$$Q = W \cdot \frac{l_1}{l_2} \quad (1.42)$$

де l_1, l_2 – конструктивні розміри (обрано за кресленням), $l_1 = 9 \text{ мм}$, $l_2 = 27,5 \text{ мм}$;

$$Q = 2197,7 \cdot \frac{9}{27,5} = 719,25 \text{ Н}$$

Залежно від розрахованої необхідної сили привода визначаємо діаметр пневмоциліндра за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{шт}}}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}} \quad (1.43)$$

де D - діаметр пневмоциліндра ;

$\rho = 0,6 \text{ МПа}$ - тиск стисненого повітря;

$\eta = 0,8$ - ККД , що враховує втрати на тертя;

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 719,25}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,8}} = 43,7 \text{ мм}$$

Для конструкції при проектуванні діаметр поршня вибираємо як найближче більше значення з нормального ряду за ГОСТ 15608-81 $D_n = 50 \text{ мм.}$, $d_{\text{шт}} = 18 \text{ мм.}$
Знаходимо дійсне значення $Q_{\text{шт}}$ для пневмопривіда:

$$Q_d = \frac{0,6 \cdot 3,14 \cdot 50^2}{4} \cdot 0,8 = 942 \text{ Н}$$

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., [14].

Контрольно-вимірювальне пристосування являє собою особливу виробничий вимірювання і контролю - конструктивно поєднує базують, затискні і вимірювальні пристрої, [14].

Головні вимоги до контрольно-вимірювальним пристосуванням:

- забезпечення оптимальної точності;
- зручність в експлуатації;
- технологічність у виготовленні;
- зносостійкість;
- економічна доцільність, [14].

Контрольний пристрій призначен для перевірки радіального биття зовнішньої поверхні $\varnothing 25^{+0,015}_{+0,002}$ відносно вісі деталі, яке повинно складати не більше 0,03 мм. За вісь деталі прийmemo центрувальні отвори у торцях. Ескіз контрольного пристосування зображено на рисунку 2.4.

Пристрій складається з плити 2 та стійка 1. Деталь встановлюється у центра 5 та 6. Стійка 4 з центром 6 є рухомою, для полегшого встановлення деталі у пристосування.

Деталь встановлюється одним торцем в центр 6, після чого до іншого торця підводиться стійка 4 з упором 5. Далі стійка 1, на якій закріплений індикаторний годинник підводиться до контролюємої поверхні та дотикається до неї

накінечником годинника. Після цього лімб обнулюють та проводять замірювання радіального биття поверхні $\varnothing 25^{+0,015}_{+0,002}$ шляхом обертання деталі.

Фіксують найбільше та найменше значення, та вираховують їх різницю, яка буде дорівнювати дійсному значенню биття, яке повинно не перевищувати 0,03 мм.

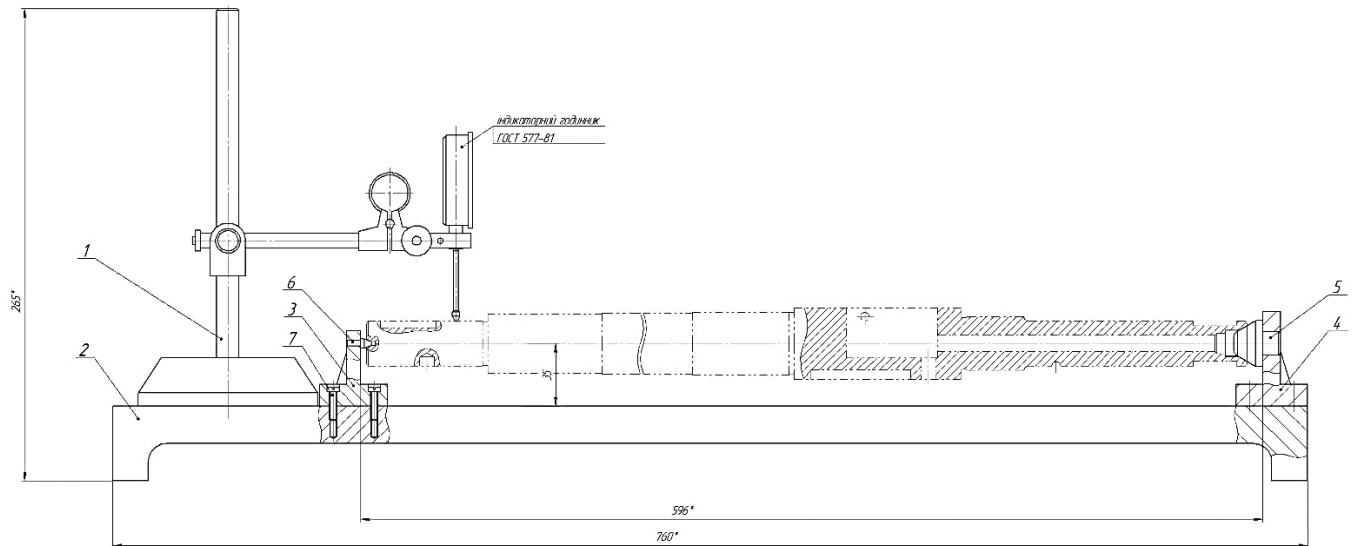


Рисунок 2.4 – Ескіз контрольного пристосування

2.3 Розрахунок на міцність

Виконаємо розрахунок на міцність для шпильки 15, яка використовується у пристосуванні на операції 070, та перевіримо доцільність обраного діаметра шпильки – М6.

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], $[\sigma] = 250$ МПа.

σ_{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 попередньо підготовлену 3д модель шпильки, розбиваємо її на сітку з розміром зерна 0,2 мм для отримання найбільш точних розрахунків, прикладаємо навантаження у 942 Н, що відповідає сили на штоці, та виконуємо розрахунок.

Результат розрахунку показан на рисунку 2.5.

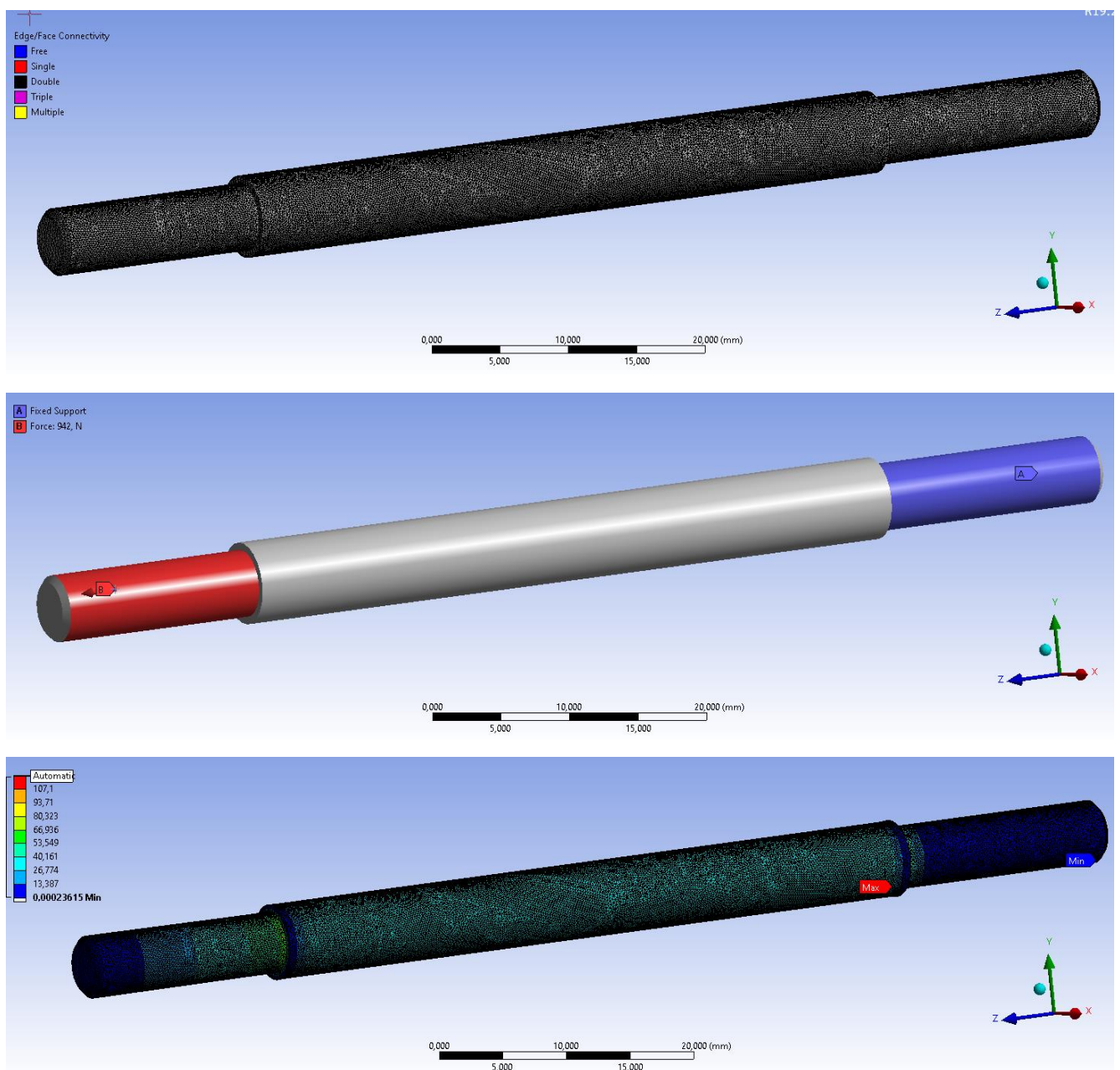


Рисунок 2.5 – Розрахунок на міцність шпильки

Розрахунок показав, що значення найбільша напруга складає 120,48 МПа.

За формулою (2.9):

$$k \cdot \sigma_{max} = 1,5 \cdot 120,48 = 180,72 \text{ МПа}$$

$$180,72 \text{ МПа} \leq 250 \text{ МПа}$$

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

3 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка необхідної кількості технологічного обладнання

Орієнтуючись на задану програму випуску базової деталі $N = 5000$ шт, попередньо призначаємо тип виробництва – серійне.

На ділянці окрім деталі «Вал фрезерного верстата» виробляються наступні деталі: муфта ($N = 3200$ шт), перехідник ($N = 2500$ шт), шетерня ($N = 4500$ шт), вал шліцьовий ($N = 2500$ 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.

$$S_{P015} = \frac{194740}{2004 \cdot 2 \cdot 60} = 0,81,$$

приймаємо $S_{n015} = 1$ 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;

$$k_{3015} = \frac{0,81}{1} = 0,81$$

Аналогічно розраховуємо для інших операцій.

Розраховуємо середній коефіцієнт завантаження ділянки за формулою:

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

$$\bar{k}_3 = 13,03/17 = 0,77$$

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	Фрезерно- центрувальна	MP-71M	194740	0,81	1	0,81
020	Токарна	16K20	173745	0,72	1	0,72
025	Токарна	16K20	185185	0,77	1	0,77
035	Фрезерно- центрувальна	MP-71M	170170	0,71	1	0,71
040	Токарна з ЧПК	HAAS ST-40	172250	0,72	1	0,72
045	Токарна з ЧПК	HAAS ST-40	169390	0,70	1	0,70
050	Горизонтально- розточна	2A614	384300	1,60	2	0,80
055	Токарна з ЧПК	HAAS ST-40	372980	1,55	2	0,78
060	Токарна з ЧПК	HAAS ST-40	399160	1,66	2	0,83
065	Вертикально-фрезерна з ЧПК	HAAS UMC-500	365170	1,52	2	0,76
070	Комплексна з ЧПК	HAAS UMC-500	190645	0,79	1	0,79
080	Круглошліфувальна	3M131	181225	0,75	1	0,75
085	Круглошліфувальна	3M131	174135	0,72	1	0,72
	Всього:	-		13,03	17	$\bar{k}_3 = 0,77$

Будуємо графік завантаження обладнання (рисунок 3.1).

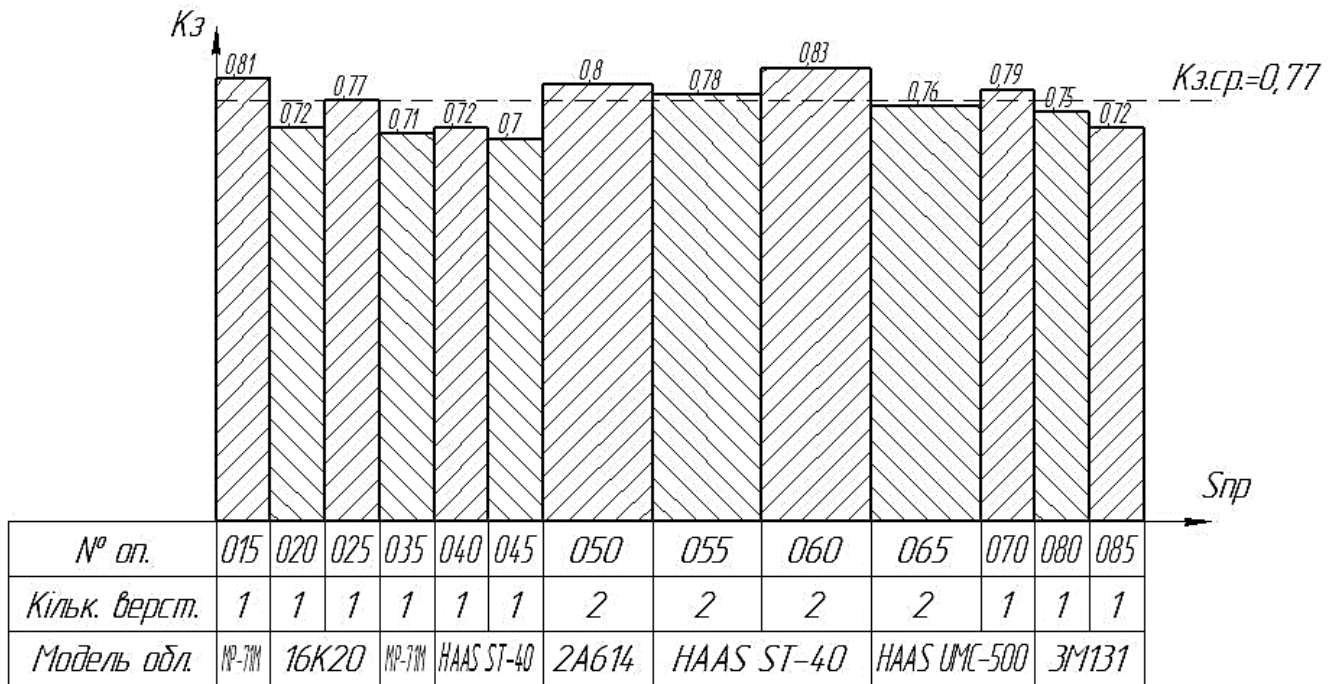


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

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 багатOVERстатного обслуговування для операцій з ЧПК:

Оп.055: $2,57 \geq 0,76 + 0,2 = 0,86$ – умова виконується;

Оп.060: $2,69 \leq 0,92 + 0,2 = 1,15$ – умова виконується;

Оп.065: $3,18 \geq 1,2 + 0,2 = 1,4$ – умова 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 багатостаночного 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;

$$m_{s\ 055} = \frac{3,33}{0,76 + 0,2} = 3,5 = 4 \text{ верстата}$$

$$R_{055} = \frac{2}{4} = 1 \text{ оператор}$$

$$m_{s\ 060} = \frac{3,61}{0,92 + 0,2} = 3,2 = 3 \text{ верстата}$$

$$R_{060} = \frac{2}{3} = 1 \text{ оператор}$$

$$m_{s\ 065} = \frac{4,38}{1,2 + 0,2} = 3,1 = 3 \text{ верстата}$$

$$R_{065} = \frac{2}{3} = 1 \text{ оператор}$$

Оператори з ЧПК (оп.040, 045, 070):

$$R_{\text{оп.чпк.}} = \frac{177428}{2004 \cdot 60} = 2 \text{ чол.}$$

Фрезерувальники (оп.015, 035):

$$R_{\text{фр.}} = \frac{182455}{2004 \cdot 60} = 2 \text{ чол.}$$

Токарі (оп.020, 025):

$$R_{\text{ток.}} = \frac{179465}{2004 \cdot 60} = 2 \text{ чол.}$$

Розточники (оп.050):

$$R_{\text{р.}} = \frac{384300}{2004 \cdot 60} = 3 \text{ чол.}$$

Шліфувальники (оп.080, 085):

$$R_{\text{шл.}} = \frac{177680}{2004 \cdot 60} = 2 \text{ чол.}$$

Чисельність основних виробничих робітників на ділянці $\sum R = 14$ 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;

Π – річна програма випуску деталей, шт, $\Pi = 5000$ 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_{Π} – 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

$$S_a = 150 \cdot 7 = 1050 \text{ грн}$$

$$S_b = 75 \cdot 7 = 525 \text{ грн}$$

$$q_a = 0,2 \cdot 1050 = 210 \text{ грн}$$

$$q_b = 0,2 \cdot 525 = 105 \text{ грн}$$

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.

$$З_a = 2,23 \cdot 0,96 = 2,14 \text{ грн}$$

$$З_b = 2,97 \cdot 1,085 = 3,22 \text{ грн.}$$

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

$$C_a = 2,14 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{1050}{5000} \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{210}{100}\right) = 7,07 \text{ грн}$$

$$C_b = 3,22 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{525}{5000} \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{105}{100}\right) = 9,88 \text{ грн}$$

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:

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

$$\Pi_{\kappa} = \frac{(1050 - 525) \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{210}{100}\right)}{(3,22 - 2,14) \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right)} \approx 502 \text{ шт.}$$

Так як задана річна програма $\Pi > \Pi_{\kappa}$, та $C_a < C_b$, то більш вигідно застосовувати складне пристосування з пневмоприводом (п.2.1).

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Закон України «Про охорону праці» вимагає, щоб усі працівники при прийомі на роботу і в процесі трудової діяльності про-ходили на підприємстві навчання, інструктаж і перевірку знань з питань охорони праці, [18].

Особи, які не пройшли навчання і перевірки знань з питань охорони праці, до роботи не допускаються, [18].

Навчання та інструктаж працівників з питань охорони праці є важливою складовою системи управління охороною праці, [18].

Навчання та інструктаж проводяться:

- з учнями, вихованцями та студентами закладів освіти;
- з працівниками у процесі їх трудової діяльності, [18].

Працівники, зайняті на роботах з підвищеною небезпекою або там, де є потреба у професійному доборі, повинні проходити по-переднє спеціальне навчання і один раз на рік перевірку знань відповідних нормативних актів про охорону праці, [18].

Вивчення основ охорони праці та безпеки життєдіяльності проводиться в усіх закладах освіти, [18].

Навчання студентів і учнів з питань охорони праці стосовно конкретних робіт проводиться на підприємствах, де ці ро-боти виконуються, [18].

Теоретичне та виробниче навчання працівників з охорони праці на підприємстві проводиться при підготовці, перепідготовці, отриманні нової професії, підвищенні кваліфікації, [18].

Після навчання з охорони праці обов'язково обов'язко проводиться перевірка знань. Для перевірки знань працівників з охорони праці на підприємстві утворюється постійно діюча комісія. У складі цієї комісії повинно бути не менше трьох осіб, які вже пройшли навчання та перевірку знань з охорони праці, [18].

Результати перевірки знань працівників з питань охорони праці оформлюються протоколами. Особам, які при перевірці знань з питань охорони праці виявили задовільні результати, видаються посвідчення. У разі незадовільного

результату протягом одного місяця призначається повторна перевірка знань працівника. Якщо під час наступної перевірки результат виявить-ся також незадовільним, то має вирішуватися питання про праце-влаштування працівника на іншому робочому місці, [18].

Працівники, які мають перерву в роботі за професією понад один рік, проходять навчання з охорони праці до початку самостійної роботи, [18].

До самостійної роботи такі працівники допускаються тільки після вступного інструктажу, навчання, перевірки теоретичних знань, первинного інструктажу на робочому місці, стажування і набуття навичок безпечних методів праці, [18].

За характером і часом проведення інструктажі з питань охорони праці поділяються на такі:

- вступний;
- первинний;
- повторний;
- позаплановий;
- цільовий, [18].

Вступний інструктаж з питань охорони праці проводиться:

- з усіма працівниками, які щойно прийняті на роботу незалежно від їхньої освіти та стажу роботи;
- з працівниками інших організацій, які прибули на підприємство і беруть безпосередню участь у виробничому процесі або виконують інші роботи для підприємства;
- з учнями, вихованцями та студентами, які прибули на підприємство для проходження виробничої практики;
- під час екскурсії на підприємство;
- з усіма вихованцями, учнями, студентами та іншими особами, які навчаються у середніх, позашкільних, професійно-технічних, вищих закладах освіти при оформленні або зарахуванні до закладу освіти, [18].

Запис про проведення вступного інструктажу робиться у спеціальному журналі, а також у документі про прийняття працівника на роботу. Вступний

інструктаж проводиться за програмою, розробленою службою охорони праці з урахуванням особливостей виробництва, [18].

Первинний інструктаж на робочому місці до початку роботи проводиться:

- з новоприйнятим на підприємство працівником;
- з працівником, який переводиться з одного цеху виробництва до іншого;
- працівником, який виконуватиме нову для нього роботу;
- з відрядженим працівником, який бере безпосередню участь у виробничому процесі на виробництві, [18].

Первинний інструктаж також проводиться з вихованцями, учнями та студентами середніх, позашкільних, професійно-технічних, вищих закладів освіти:

- на початку занять у кожному кабінеті, лабораторії, де навчальний процес пов'язаний із небезпечними або шкідливими хімічними, фізичними, біологічними факторами, у гуртках, перед уроками трудового навчання, фізкультури, перед спортивними змаганнями, вправами на спортивних знаряддях, при здійсненні заходів за межами території закладу освіти;
- перед виконанням кожного навчального завдання, пов'язаного з використанням різних механізмів, інструментів, матеріалів тощо;
- на початку вивчення кожного нового предмета (розділу, теми) навчального плану (програми) із загальних вимог безпеки, по-в'язаних з тематикою та особливостями проведення цих занять, [18].

Усі робітники, у тому числі випускники професійних навчальних закладів, навчально-виробничих (курсів) комбінатів, після пер-винного інструктажу на робочому місці мають протягом 2-15 змін (залежно від характеру роботи та кваліфікації працівника) пройти стажування під керівництвом досвідчених кваліфікованих робітників, [18].

Первинний інструктаж проводиться за програмою, складеною з урахуванням вимог відповідних інструкцій з охорони праці та технічної документації, [18].

Повторний інструктаж проводиться з усіма працівниками: на роботах з підвищеною небезпекою 1 раз у квартал, на інших роботах 1 раз на півріччя. Повторний інструктаж проводиться за програмою первинного інструктажу в повному обсязі, [18].

Позаплановий інструктаж проводиться:

- при введенні в дію нових або переглянутих нормативних актів про охорону праці, а також при внесенні змін та доповнень до них;
- при зміні технологічного процесу, заміні або модернізації устаткування, приладів та інструментів, вихідної сировини, матеріалів, інших факторів, що впливають на охорону праці;
- при порушеннях працівниками вимог нормативних актів про охорону праці, що можуть призвести або призвели до травм, аварій, пожеж тощо;
- при виявленні особами, які здійснюють державний нагляд і контроль за охороною праці, незнання вимог безпеки стосовно робіт, що виконуються працівником;
- якщо у трудовому процесі виконавця робіт сталася перерва понад 30 календарних днів для робіт з підвищеною небезпекою, а для решти робіт понад 60 днів;
- з вихованцями, учнями, студентами в кабінетах, лабораторіях, майстернях тощо при порушеннях ними вимог нормативних актів про охорону праці, що можуть призвести або призвели до травм, аварій, пожеж тощо; при зміні умов виконання навчальних завдань з професії, лабораторних робіт, інших видів занять, передбачених навчальним планом, [18].

Обсяг і зміст інструктажу визначається у кожному окремому випадку залежно від причин і обставин, що спричинили необхідність його проведення, [18].

Цільовий інструктаж проводиться з працівниками:

- за виконання разових робіт, що не пов'язані з безпосередніми обов'язками за фахом (вантажно-розвантажувальні роботи, разові роботи за межами підприємства, цеху тощо);

- за ліквідації аварії, стихійного лиха;
- за проведення робіт, на які оформляється наряд допуск, дозвіл;
- проводиться з вихованцями, учнями, студентами закладів освіти у разі організації масових заходів (екскурсії, походи, спортивні змагання тощо), [18].

Цільовий інструктаж фіксується документом, що дозволяє проведення робіт, наприклад, нарядом допуском. Первинний, повторний, позаплановий і цільовий інструктажі проводить безпосередньо керівник робіт (начальник виробництва, цеху, ділянки, майстер, інструктор виробничого навчання, викладач тощо). Первинний, повторний, цільовий та позаплановий інструктажі завершуються перевіркою знань усним опитуванням, а також перевіркою набутих навичок безпечних методів праці. Знання перевіряє особа, яка проводила інструктаж. Про проведення первинного, повторного, позапланового інструктажів, стажування та допуск до роботи особа, яка проводила інструктаж, робить запис до відповідного журналу. При цьому обов'язкові підписи як того, кого інструктували, так і того, хто інструктував. Працівники підприємств, а також його керівники (власники) повинні проводити навчання, інструктаж та перевірку знань з охорони праці у тому порядку і в ті терміни, які передбачені відповідними нормативними документами, [18].

ВИСНОВКИ

Мета роботи дипломного проєкту – розроблення технологічного процесу виготовлення вала фрезерного верстата.

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

Для комплексної обробки 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 фрезерного верстата» 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. О. П. Гуляєв, В. Д. Кальнер, І. С. Козловський. Термічна обробка в машинобудуванні: Довідник / За ред. О.М.Лахтіна, О.Г.Рахштадта. – Машинобудування, 1980. 783 с., іл. М.:
4. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування та машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» та «Технологія будування авіаційних двигунів» / укл. В.К. Яценко, В.І. Ципак, Є.Я. Коренівський та ін. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. - 245 с.
5. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисциплін з технологічних методів виробництва заготовок для студентів спеціальностей: 8.090101 Прикладне матеріалознавство; 8.090202 Технологія машинобудування; 8.090203 Металорізальні станки та системи; 7.090260 Технологія будівництва авіаційних двигунів, денної форми навчання / Укл. В.М. Пліскач, І.В. Акімов - Запоріжжя: ЗНТУ, 2010. - 82 с.
6. Довідник технолога-машинобудівника: у 2 т. Т. 1. / [під ред. А.Г.Косилової, Р.К.Мещерякова]. - М.: Машинобудування, 1985. - 694 с.
7. Довідник технолога-машинобудівника: у 2 т. Т. 2. / [під ред. А.Г.Косилової, Р.К.Мещерякова]. - М.: Машинобудування, 1985. - 652 с.
8. Косілова А.Г. Точність обробки, заготівлі та припуски в машинобудуванні / О.Г. Косілова, Р.К. Мещеряков, М. А. Калінін. - М.: Машинобудування, 1976. - 352 с.
9. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних зайняття 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. Ципак (перевидання 2-ге). Під ред., Гончар Н.В. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2012 - 62 с.

10. Нефьод Н.А. Збірник завдань та прикладів з різання металів та різального інструменту: навч. Посібник [для технікумів на предмет «Основи вчення про різання металів та ріжучий інструмент»] / Н. А. Нефьодов, К. А. Осипов. - 5-те вид., Перероб. І дод. - М.: Машинобудування, 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

13. Довідник нормувальника-машинобудівника. Том II. Технічне нормування верстатних робіт. За редакцією Е.І.Стружестраха. - Москва, 1961. - 890с.

14. В.А. Богуслаєв, В.А. Леховіцев, А.С. Смирнов «Верстатні пристрої»- Запоріжжя, ВАТ «Мотор Січ» 2000р. - 461 с.

15. Ансеров М.А. Пристосування для металорізальних верстатів/М.А. Ансеров. - М.: Машинобудування, 1975. - 447 с.

16. Корсаков В.С. Основи проектування пристроїв/В.С. Корсаків. - М.: Машинобудування, 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. Винокурова Л. Є., Васильчук М. Ст, Гаман М. В. Основи охорони праці: Підручн. для проф. техн. навч. закладів. 2-ге вид., допов., перероб. К.: Вікторія, 2001. 192 с.

ДОДАТОК А

Специфікація робочого пристосування

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						Документація			
					НУЗП 29124.1.008 СБ	Складальне креслення			
						Складальні одиниці			
				1		Пневмоциліндр 1011-50x18			
						ГОСТ 15608-81	2		
						Деталі			
				2		Плита	1		
				3		Корпус	2		
				4		Прихват	2		
				5		Упор	1		
				6		Центр	1		
						Стандартні вироби			
				7		Гайка М6			
						ГОСТ 4032-2015	2		
				8		Гвинт М8х25			
						ГОСТ 1491-80	4		
				9		Гвинт М6х16			
						ГОСТ 1491-80	12		
				10		Гвинт М6х25			
						ГОСТ 7048-2015	6		
					НУЗП 29124.1.008.00				
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
		Разраб.	Лашин М.Ю.						
		Пров.	Степанов Д.М.						
		Н.контр.	Дядя С.І.						
		Утв.	Дядя С.І.						
		Пристосування для комплексної обробки Специфікація					Лист.	Лист	Листов
								1	2
							НУЗП гр.М-112		

ДОДАТОК Б
Керуюча програма

```
TOOL PATH/POCKETING,TOOL,MILL
TLDDATA/MILL,10.0000,0.0000,75.0000,0.0000,0.0000
MSYS/90.6064,0.0000,0.0000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,-1.0000000,0.0000000,0.0000000
$$ centerline data
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,10
LOAD/TOOL,0,ADJUST,1
PAINT/COLOR,186
RAPID
GOTO/1.0000,30.0173,-353.9036,0.0000000,1.0000000,0.0000000
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/1.0000,22.9997,-353.9036
PAINT/COLOR,42
FEDRAT/MMPM,250.0000
GOTO/1.0000,22.5552,-345.4228
GOTO/1.0027,22.5421,-345.1718
GOTO/0.9564,22.5339,-345.0225
GOTO/0.7786,22.5178,-344.7728
GOTO/0.6238,22.5049,-344.5807
GOTO/0.1652,22.4787,-344.3836
GOTO/-0.3323,22.4526,-344.4253
GOTO/-0.5856,22.4367,-344.5897
GOTO/-0.8575,22.4157,-344.8859
GOTO/-1.0010,22.3993,-345.1622
GOTO/-1.0000,22.3862,-345.4130
GOTO/-1.0000,22.2227,-348.5322
GOTO/-1.0000,22.0593,-345.4130
GOTO/-0.9997,22.0458,-345.1565
GOTO/-0.8575,22.0298,-344.8859
GOTO/-0.5856,22.0087,-344.5897
GOTO/-0.3323,21.9929,-344.4253
GOTO/0.1652,21.9667,-344.3836
GOTO/0.6238,21.9406,-344.5807
GOTO/0.8122,21.9247,-344.8170
GOTO/0.9564,21.9116,-345.0225
GOTO/1.0027,21.9034,-345.1718
GOTO/1.0000,21.8902,-345.4228
GOTO/1.0000,20.7382,-367.4049
GOTO/1.0000,19.5862,-345.4228
GOTO/1.0027,19.5730,-345.1718
GOTO/0.9564,19.5648,-345.0225
GOTO/0.7786,19.5487,-344.7728
GOTO/0.6238,19.5358,-344.5807
GOTO/0.1652,19.5096,-344.3836
GOTO/-0.3323,19.4835,-344.4253
```

GOTO/-0.5856,19.4677,-344.5897
 GOTO/-0.8575,19.4466,-344.8859
 GOTO/-1.0010,19.4303,-345.1622
 GOTO/-1.0000,19.4171,-345.4130
 GOTO/-1.0000,19.2536,-348.5322
 GOTO/-1.0000,19.0902,-345.4130
 GOTO/-0.9997,19.0767,-345.1565
 GOTO/-0.8575,19.0607,-344.8859
 GOTO/-0.5856,19.0396,-344.5897
 GOTO/-0.3323,19.0238,-344.4253
 GOTO/0.1652,18.9976,-344.3836
 GOTO/0.6238,18.9715,-344.5807
 GOTO/0.8122,18.9556,-344.8170
 GOTO/0.9564,18.9425,-345.0225
 GOTO/1.0027,18.9343,-345.1718
 GOTO/1.0000,18.9211,-345.4228
 GOTO/1.0000,17.7691,-367.4049
 GOTO/1.0000,16.6171,-345.4228
 GOTO/1.0027,16.6039,-345.1718
 GOTO/0.9564,16.5957,-345.0225
 GOTO/0.7786,16.5796,-344.7728
 GOTO/0.6238,16.5667,-344.5807
 GOTO/0.1652,16.5405,-344.3836
 GOTO/-0.3323,16.5144,-344.4253
 GOTO/-0.5856,16.4986,-344.5897
 GOTO/-0.8575,16.4775,-344.8859
 GOTO/-1.0010,16.4612,-345.1622
 GOTO/-1.0000,16.4480,-345.4130
 GOTO/-1.0000,16.2845,-348.5322
 GOTO/-1.0000,16.1211,-345.4130
 GOTO/-0.9997,16.1076,-345.1565
 GOTO/-0.8575,16.0916,-344.8859
 GOTO/-0.5856,16.0705,-344.5897
 GOTO/-0.3323,16.0547,-344.4253
 GOTO/0.1652,16.0285,-344.3836
 GOTO/0.6238,16.0024,-344.5807
 GOTO/0.8122,15.9865,-344.8170
 GOTO/0.9564,15.9734,-345.0225
 GOTO/1.0027,15.9652,-345.1718
 GOTO/1.0000,15.9520,-345.4228
 GOTO/1.0000,14.8000,-367.4049
 PAINT/COLOR,31
 GOTO/1.0000,14.8000,-389.3870
 CIRCLE/-0.0042,14.8000,-389.3916,0.0000000,-
 1.0000000,0.0000000,1.0042,0.0600,0.5000,10.0000,0.0000
 GOTO/-0.5754,14.8000,-390.2176

```

CIRCLE/0.0003,14.8000,-389.3998,0.0000000,-
1.0000000,0.0000000,1.0002,0.0600,0.5000,10.0000,0.0000
GOTO/-0.9721,14.8000,-389.6338
CIRCLE/-0.0012,14.8000,-389.3983,0.0000000,-
1.0000000,0.0000000,0.9991,0.0600,0.5000,10.0000,0.0000
GOTO/-1.0000,14.8000,-389.3771
GOTO/-1.0000,14.8000,-345.4130
CIRCLE/0.0337,14.8000,-345.4097,0.0000000,-
1.0000000,0.0000000,1.0337,0.0600,0.5000,10.0000,0.0000
GOTO/-0.8575,14.8000,-344.8859
GOTO/-0.5856,14.8000,-344.5897
GOTO/-0.5400,14.8000,-344.5586
CIRCLE/0.0000,14.8000,-345.4000,0.0000000,-
1.0000000,0.0000000,0.9998,0.0600,0.5000,10.0000,0.0000
GOTO/0.8122,14.8000,-344.8170
CIRCLE/-0.0353,14.8000,-345.4117,0.0000000,-
1.0000000,0.0000000,1.0353,0.0600,0.5000,10.0000,0.0000
GOTO/1.0000,14.8000,-345.4228
GOTO/1.0000,14.8000,-367.4049
GOTO/1.0000,14.8000,-368.4049
PAINT/COLOR,37
CIRCLE/-0.2500,14.8000,-368.4049,0.0000000,-
1.0000000,0.0000000,1.2500,0.0600,0.5000,10.0000,0.0000
GOTO/-0.2500,14.8000,-369.6549
GOTO/-0.2500,17.8000,-369.6549
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/-0.2500,30.0173,-369.6549
PAINT/SPEED,10
PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH

```

ДОДАТОК В
Технологічні карти

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

					НЧЗП 0214.1.26008		1	1
Розроб.	Лашин М.Ю.			НЧЗП	НЧЗП 71524.1.008			
Перевірив	Степанов Д.М.							
				Вал фрезерного верстата				005
Н.контр.	Дядя С.І.							

1. Заготівка – штамповка. Група контролю III по ОСТ 1 90074–72.
2. HB 220 МПа
3. Невказані радіуси округлень R3
4. Невказані штампувальні нахили 3°
5. Зміщення штампів не більше 0,45 мм

[illegible]

Дудл.																			
Взам.																			
Подп.																			

															НУЗП 0214.1008					2				
															НУЗП 71524.1008					005				

Technical drawing of a mechanical part, likely a shaft or tube, showing dimensions and tolerances. The drawing includes a cross-section view on the left and a side view on the right. The side view shows a long cylindrical component with several steps or changes in diameter. The dimensions are given in millimeters with tolerances. The overall length is 590.3 mm with a tolerance of +16/-0.9 mm. The diameter at the left end is 28.3 mm with a tolerance of +10/-0.4 mm. The diameter at the right end is 27.3 mm with a tolerance of +10/-0.4 mm. The surface finish is specified as Ra 40.

Dimensions and Tolerances:

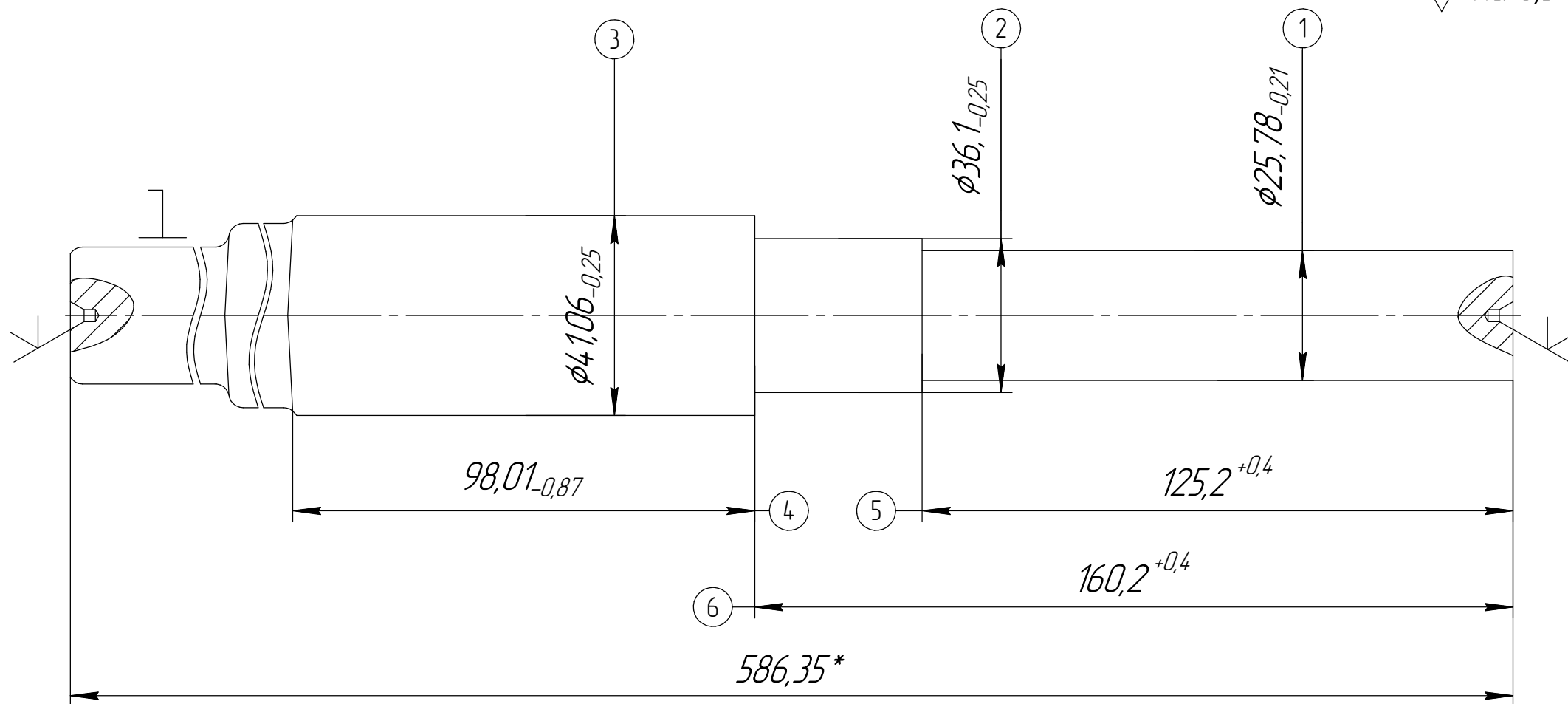
- Overall Length: $590,3^{+16}_{-0,9}$ mm [584]
- Left Section Length: $68^{+10}_{-0,5}$ mm [68]
- Left Section Diameter: $\phi 28,3^{+10}_{-0,4}$ mm [25]
- Middle Section Length: $99,5^{+10}_{-0,5}$ mm [93,6]
- Middle Section Diameter: $\phi 37,4^{+10}_{-0,4}$ mm [35]
- Right Section Length: $160^{+10}_{-0,5}$ mm [160]
- Right Section Diameter: $\phi 27,3^{+10}_{-0,4}$ mm [25]
- Surface Finish: $Ra 40$

KE																			
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

НУЗП 0214.1.26008	1	1
-------------------	---	---

Розроб.	Лащин М.Ю.			НУЗП		НУЗП 71524.1.008				М-112.2014.1.00020		
Перевір.	Степанов Д.М.											
Н. контр.	Дядя С.І.				Вал фрезерного верстата							020

 $\sqrt{Ra\ 6,3}$ 

* – Розміри для довідок

[illegible]

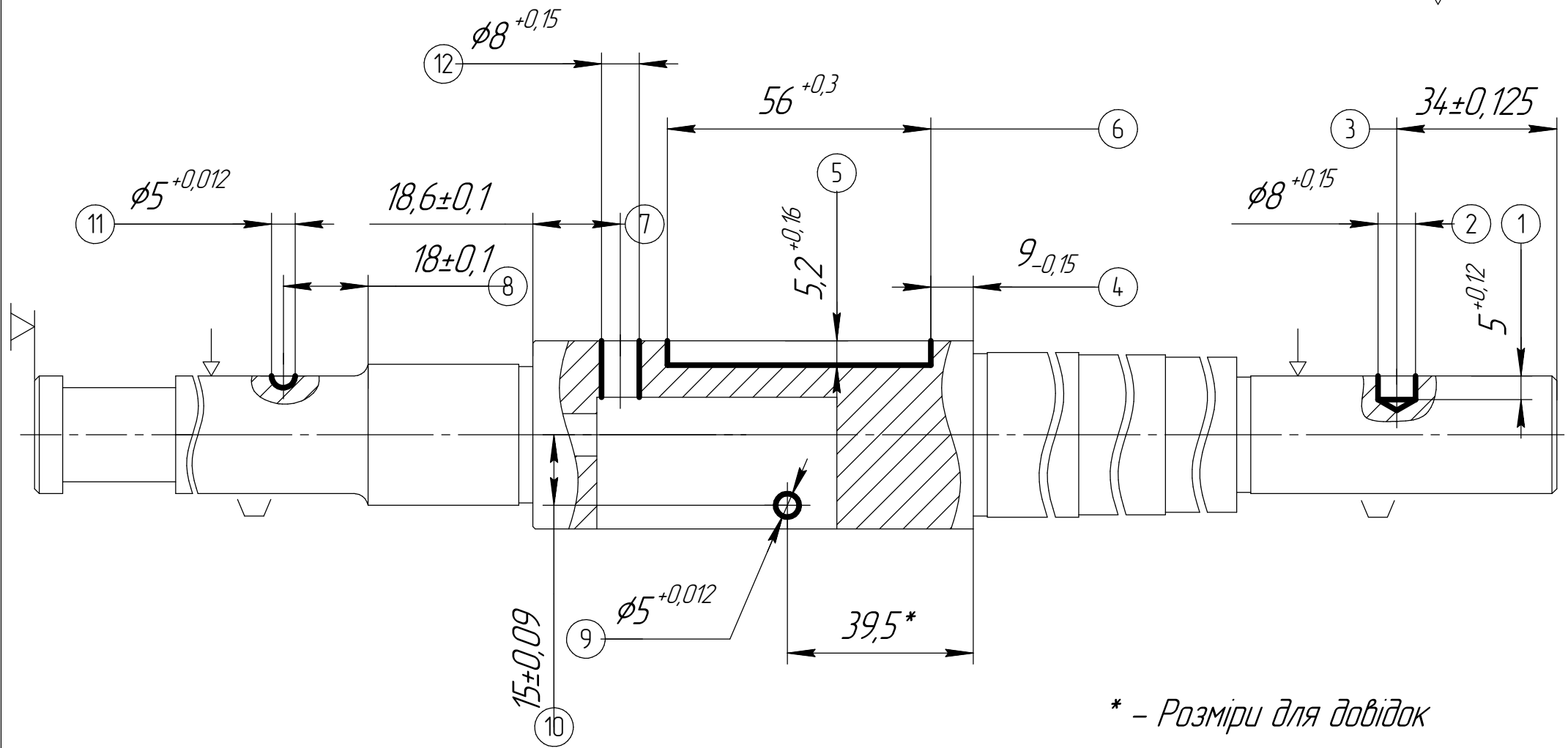
[illegible]

Дудл.			
Взам.			
Подп.			

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

						НУЗП 0214.1.26008	1	1
Розроб.	Лащин М.Ю.			НУЗП	НУЗП 71524.1.008	М-112.2014.1.00070		
Перевір.	Степанов Д.М.							
Н. контр.	Дядя С.І.			Вал фрезерного верстата				070

$\sqrt{Ra\ 6,3}$



[illegible]

[illegible]

Дудл.																				
Взам.																				
Подп.																				
														НУЗП 0214.126008			3			
											НУЗП 71524.1.008			М-112.6014.1.00070			070			
P										ПМ	D или B		L	t	L	S	n	v		
01	PM Свердло SCD 050-043-080 AP5N																			
02	СИ Шаблон 15 спеціальний; Шаблон Ø5 спеціальний;																			
P 03										05	5		47,5	2,5	1	0,1	2500	39,3		
04																				
05	8. Зняти деталь																	t _{CH} =0,1		
06																				
P 07																				
08																				
O 09																				
T 10																				
11																				
12																				
P 13																				
14																				
O 15																				
16																				
17																				
18																				
OK																				

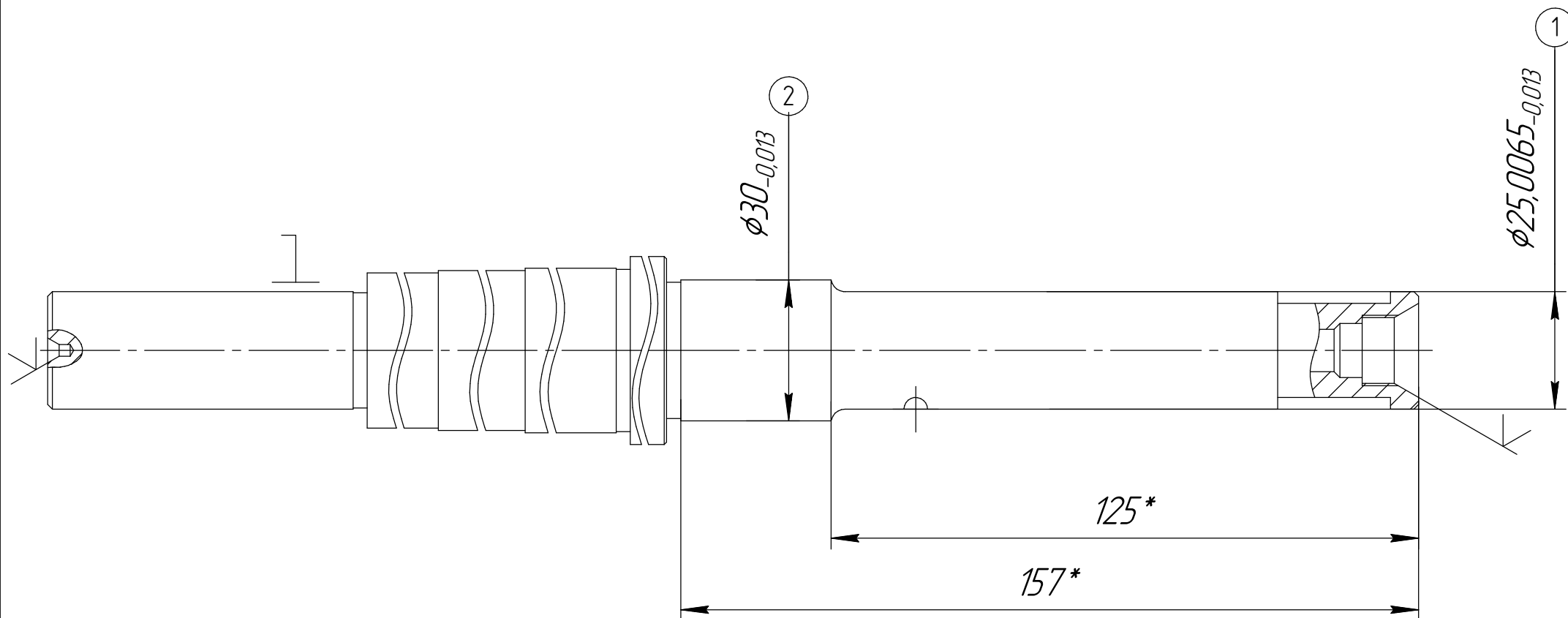
Дубл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--

НЧЗП 0214.1.26008			1	1

Разроб.	Лашин М.Ю.			НЧЗП	НЧЗП 71524.1.008		М-112.2014.1.00085		
Перевір.	Степанов Д.М.								
Н. контр.	Дядя С.І.				Вал фрезерного верстата				085

▽ Ra 0,80



* – Розміри для довідок

[illegible]

Дудл.			
Взам.			
Подп.			

7067	21404	00			70672140400

											НУЗП 0214.126008			2			
											НУЗП 71524.1.008			М-112.6014.1.00085		085	
Р									ПМ	Д или В	Л	т	l	s	п	v	
01									02	30	-	0,0015	45	0,0015	350	35	
02																	
Р 03		8. Зняти деталь														t _{CH} =0,1	
04																	
05																	
06																	
Р 07																	
08																	
О 09																	
Т 10																	
11																	
12																	
Р 13																	
14																	
О 15																	
16																	
17																	
18																	
OK																	