

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-шестерні редукторного крана _____

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

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

_____ «Технології машинобудування» _____

_____ ДАНИЛЕНКО В.В.. _____

(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)

ДАНИЛЕНКО Василю Володимировичу

1. Тема проєкту (роботи) «Розроблення технологічного процесу виготовлення вала-шестерні редукторного крана»

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-шестерня»,

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 «Вал-шестерня», 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	ПРІЗВИЩЕ, 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)

_____ Василь ДАНИЛЕНКО
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

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

РЕФЕРАТ

ПЗ: 99 с., 11 табл., 23 рис., 3 дод., 18 джерел.

ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ, ЧИСЛОВЕ ПРОГРАМНЕ КЕРУВАННЯ, ЗАГОТОВКА, ІНСТРУМЕНТ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, НОРМУВАННЯ, ОПЕРАЦІЯ, ПРИСТОСУВАННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, КОЕФІЦІЄНТ ЗАВНТАЖЕННЯ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

Об'єкт дослідження – вал-шестерня.

Мета роботи – розроблення технологічного процесу виготовлення вала-шестерні.

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

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

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	16
1.4.1 Вибір технологічних баз	16
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	17
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	22
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	23
1.5.1 Розрахунок припусків і технологічних розмірів аналітичним методом	23
1.5.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів табличним методом	26
1.6 Розрахунок режимів різання	33
1.6.1 Операція 015 - Токарна	33
1.6.2 Операція 065 – Фрезерна з ЧПК	37
1.6.3 Операція 090 - Круглошліфувальна	41
1.7 Технічне нормування операцій	43
1.7.1 Операція 015 - Токарна	43
1.7.2 Операція 065 – Фрезерна з ЧПК	45
1.7.3 Операція 090 - Круглошліфувальна	46
1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК	48
2 Конструкторська частина	50
2.1 Проектування робочого пристосування	50

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	52
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність	53
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу	56
2.2 Проектування і принцип роботи контрольного пристосування	58
2.3 Розрахунок на міцність	60
3 Організаційна частина	64
3.1 Розробка необхідної кількості технологічного обладнання	64
3.2 Визначення чисельності основних виробничих робітників	66
4 Економічна ефективність пристроїв	69
5 Охорона праці	73
Висновки	79
Перелік джерел посилання	80
Додаток А. Специфікація робочого пристосування	82
Додаток Б. Керуюча програма	85
Додаток В. Технологічні карти	87

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» 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-шестерня» (рис.1.1) входить у вузол редуктора і призначена для передачі крутного моменту від двигуна до робочої частини. Деталь «Вал-шестерня» відноситься до валів, де навантаження передається по зубчатому вінцю, яке виконується на дільному діаметрі $\varnothing 29,25$. Деталь працює в умовах високих частотах обертання у масляному середовищі.

Деталь «Вал-шестерня» має довжину 118 мм, ступінчатої форми. Загальна шорсткість деталі складає 3,2 мкм. Найбільш точними поверхнями є $\varnothing 17k6^{+0,012}_{+0,001}$ та $\varnothing 25k6^{+0,015}_{+0,002}$ та виконуються з шорсткістю 0,8 мкм.

Шпонковий паз 8х30 призначен для з'єднання з шківом редуктора та виконується на діаметрі $\varnothing 25k6^{+0,015}_{+0,002}$ глибиною 4 мм.

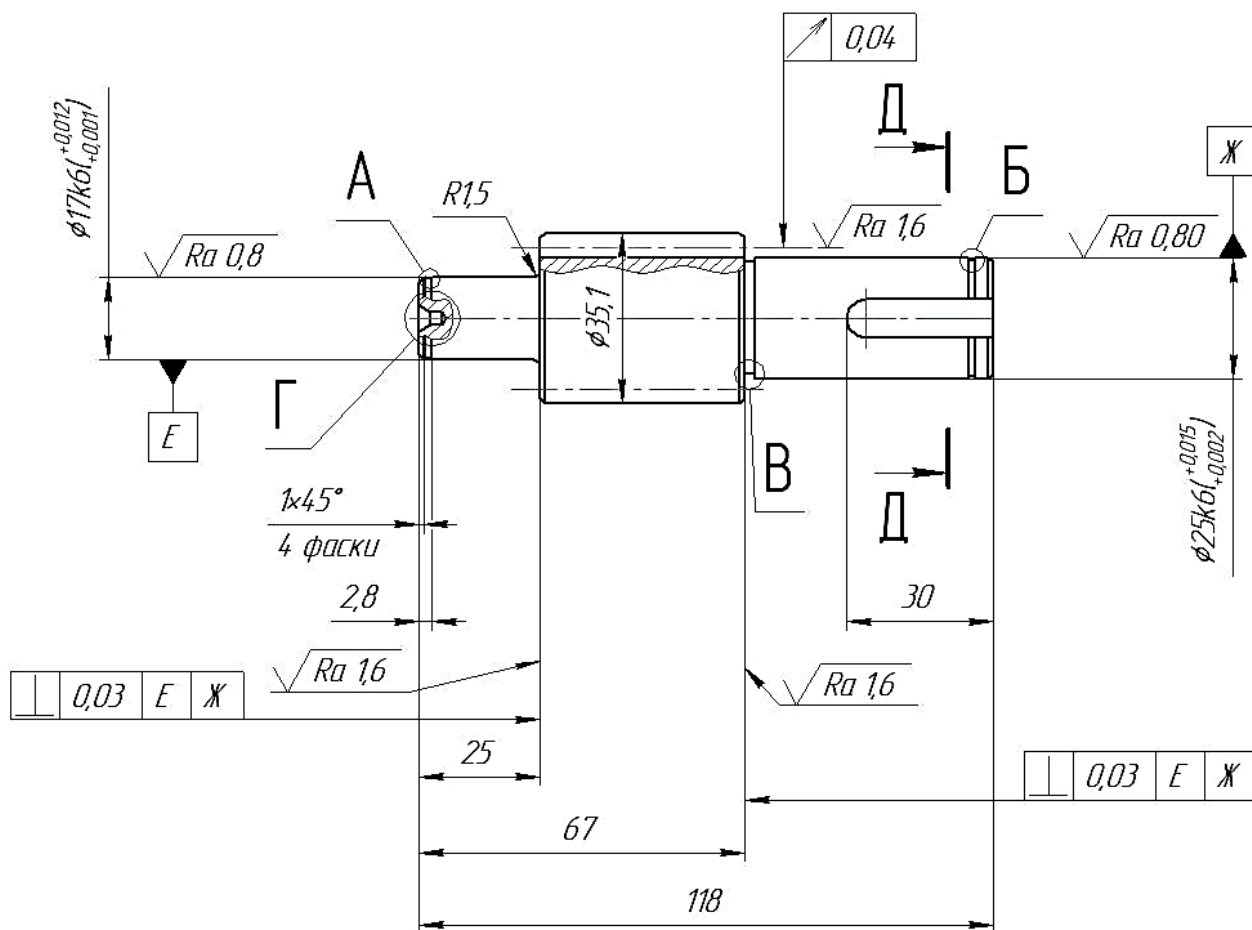


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Вал-шестерня»

Деталь «Вал-шестерня» виготовляється з конструкційної легованої хромомарганцевої сталі 18ХГТ ДСТУ 7806-2015. Хімічний склад матеріалу показан у таблиці 1.1, механічні властивості - у таблиці 1.2 [1]

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 18ХГТ ДСТУ 7806-2015

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti	Cu
0.17 - 0.23	0.17 - 0.37	0.8 - 1.1	до 0.3	до 0.035	до 0.035	1 - 1.3	0.03 - 0.09	до 0.3

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 18ХГТ ДСТУ 7806-2015

Часовий опір σ_B МПа	Межа плинності σ_T МПа	Відносне подовження δ_5 , %	Відносне звуження ψ , %	Ударна в'язкість КСУ, Дж/см ²
МПа	МПа	%	%	кДж / м ²
980	730	15	55	1130

Деталь у процесі виготовлення піддається термообробці – гарту при температурі 850°C та відпускання при температурі 200°C з охолодженням на повітрі.

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 $N = 4000$ шт. та маси оброблюваної на проектованій ділянці деталі $m = 0,468$ 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).

$$n = \frac{2 \cdot 4000}{254} \approx 32 \text{ шт.}$$

Форми організації технологічних процесів відповідно до ГОСТ 14.312-74 залежить від виконання операцій ТП, розташування технологічного обладнання, кількості виробів.

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 $\varnothing 38 \times 125$ мм. Маса такої заготовки складає $Q_1 = 1,11$ кг.

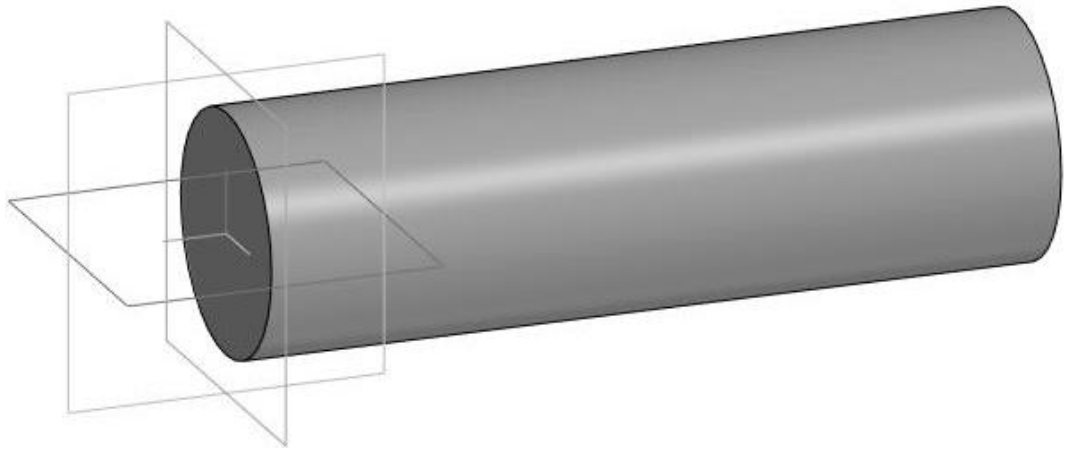


Рисунок 1.2 – 3D модель заготівки з прутка, для розрахунку маси у NX

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

Вагу заготовки, виготовленої КГШП визначаємо за допомогою об'ємного моделювання у програмі NX. Згідно розрахункам вага заготовки з врахуванням припусків складає $Q_2 = 0,756$ кг.

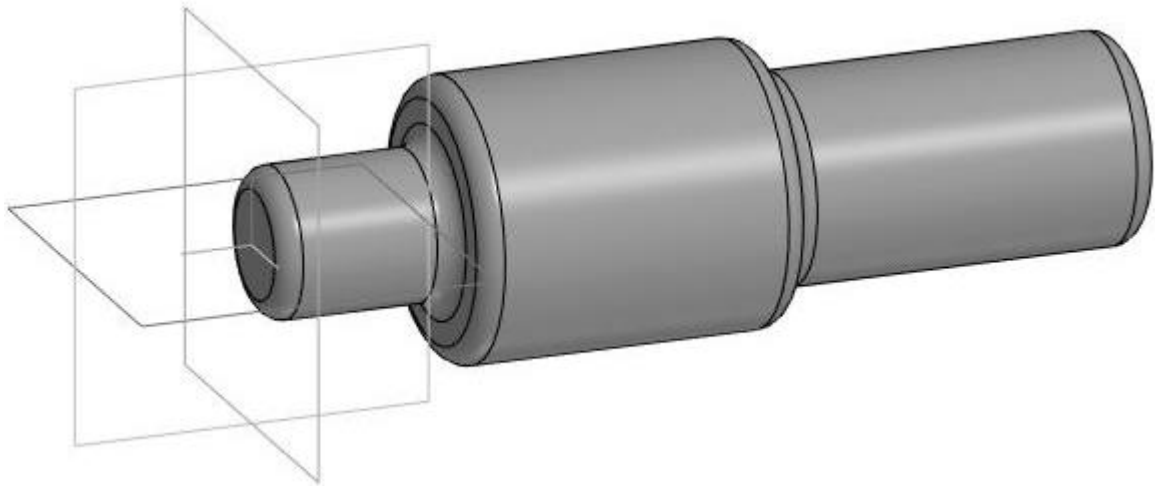


Рисунок 1.3 – 3D модель заготівки на КГШП, для розрахунку маси у NX

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];

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

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

$$B_1 = \frac{3500}{1000} \cdot 1,11 - (1,11 - 0,468) \cdot \frac{140}{1000} = 3,80 \text{ грн.}$$

$$B_2 = \frac{3500}{1000} \cdot 0,756 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,25 \cdot 1,0 - (0,756 - 0,468) \cdot \frac{140}{1000} = 2,90 \text{ грн.}$$

$$B_1 > B_2$$

Коефіцієнт використання матеріалу розраховується по формулі:

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

$$\eta_1 = \frac{0,468}{1,11} = 0,42$$

$$\eta_2 = \frac{0,468}{0,756} = 0,62$$

$$\eta_1 < \eta_2$$

Отримані дані зводимо до таблиці 1.3.

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

Таблиця 1.3 – Порівняльні показники за варіантами

Показники	Позначення	Вимірювання	Варіанти заготовки	
			пруток	КГШП
Припуск на сторону	z	мм	Ø38 x 125	1,9; 2,0;
Вага заготовки	Q	кг	1,11	0,756
Базова вартість 1т. заготовки	B_6	грн	3500	3500
Коефіцієнти	K_T	-	-	1,0
	K_M	-	-	1,0
	K_B	-	-	0,89
	K_n	-	-	1,25
	K_3	-	-	1,0
Вартість 1т. стружки	$B_{отх}$	грн/тонну	140	
Вартість 1 заготовки	B	грн	3,80	2,90
Коеф. використання матеріалу	η	-	0,42	0,62

Розраховуємо річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок за формулою:

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

$$E_B = (3,80 - 2,90) \cdot 4000 = 3600 \text{ грн.}$$

Визначаємо річне заощадження матеріалу за формулою:

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

$$M_2 = \frac{0,468 \cdot (0,62 - 0,42)}{0,62 \cdot 0,42} \cdot 4000 = 1438 \text{ кг}$$

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

1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

1.4.1 Вибір технологічних баз

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

- поверхня, прийнята як технологічна база, повинна бути одночасно конструкторською (основний чи 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 необроблену циліндричну поверхню 2 з упором у торець 1. Чорнова база використовується тільки один раз.

На чистових токарних операціях базовими поверхнями є зовнішня циліндричні поверхні 6 та 2 у поєднаннях з торцями 7 та 1, а також центрувальні отвори, які також застосовуються у якості баз на чистових токарних та шліфувальних операціях.

При обробці на зубообробних операціях використовуються поверхні 5 з центруванням по поверхні 6.

На фрезерних операціях центрування відбувається по поверхням 2 та 6 з упором у торець пов.1.

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.

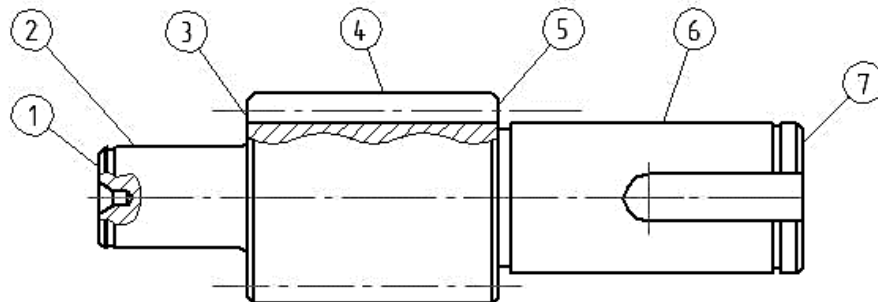


Рисунок 1.4 – Ескіз деталі з технологічною розміткою поверхонь

Показники точності та якості основних поверхонь заносимо до таблиці 1.4.

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

Номер поверхні та її основний геометричний розмір	Характер поверхні		Показники точності, взаємного розташування та якості поверхні			
	Вид	Тип	Квалітети точності розміру		Шорсткість, Ra, мкм	
			деталь	заготовка	деталь	заготовка
1	2	3	4	5	6	7
№1, 11 118	торцева	зовнішня	h12	~IT16	3,2	40
№2 $\varnothing 17^{+0,012}_{+0,001}$	циліндрична	зовнішня	k6	~IT16	0,8	40

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7
№3 27	торцева	зовнішня	H12	~IT16	1,6	40
№4 Ø35,1	циліндрична	зовнішня	h12	~IT16	3,2	40
№5 67	торцева	зовнішня	h12	~IT16	1,6	40
№6 Ø25 ^{+0,015} _{+0,002}	циліндрична	зовнішня	k6	~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 №4 з'ясовуємо технічні вимоги на оброблювану поверхню:

$$Td_d = 0,25 \text{ мм} \quad Ra_d = 3,2 \text{ мкм.}$$

Встановлюємо допуски Td_3 та Ra_3 для поверхні вихідної заготовки:

$$es_{d3} = +0,8; \quad ei_{d3} = -0,4; \quad Td_3 = 1,2 \text{ мм} \quad Ra_3 = 40 \text{ мкм.}$$

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.

$$\varepsilon_{Td} = \frac{1200}{250} = 4,8; \quad \varepsilon_{Ra} = \frac{40}{3,2} = 12,5;$$

За найбільшим значенням ε розрахуємо кількість переходів механічної обробки k :

$$k = 2lg12,5 = 2,2, \text{ приймаємо } k = 2.$$

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

$$IT16 \rightarrow h14 \rightarrow h12$$

$$Ra40 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2$$

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

Перехід 1 – точіння чорнове $h14$, $Td=0,62$ мм, Ra 6,3:

$$\varepsilon_{Td1} = \frac{1200}{620} = 1,94; \quad \varepsilon_{Ra1} = \frac{40}{6,3} = 6,35;$$

Перехід 2 – точіння чистове $h12$, $Td=0,25$ мм, Ra 3,2:

$$\varepsilon_{Td2} = \frac{620}{250} = 2,48; \quad \varepsilon_{Ra2} = \frac{6,3}{3,2} = 1,97;$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_d = 1,94 \cdot 2,48 = 4,81$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_{Ra} = 6,35 \cdot 1,97 = 12,5$$

Отримані значення заносимо до таблиці 1.5. Для інших поверхонь виконуємо розрахунки аналогічно поверхні №4 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, 7 торцева 118h12-0,35 Ra3,2 Заг. IT16 Ra40	d	3,71			IT16 → h14 → h12 Ra40→ Ra6,3→ Ra3,2	1	Заготовка	1300	40	-	-
	Ra	12,5	2,2	2		2	Точіння чорнове	870	6,3	1,49	6,35
						3	Точіння чистове	350	3,2	2,49	1,97
						Загальне уточнення				3,71	12,5
№2 циліндрична Ø17k6 ^{+0,012} _{+0,001} Ra0,8 Заг. IT16 Ra40	d	109,1	4,1	4	IT16 → h14 → h11→ h8 → h6 Ra40 → Ra6,3 → Ra3,2 → Ra1,6 → Ra0,8	1	Заготовка	1200	40	-	-
	Ra	50				2	Точіння чорнове	430	6,3	2,79	6,35
						3	Точіння напівчистове	110	3,2	3,91	1,97
						4	Точіння чистове	27	1,6	4,07	2,0
						5	Шліфування	11	0,8	2,45	2,0
						Загальне уточнення				109,0	50,0
№4 циліндр. Ø35,1h12-0,25 Ra3,2 Заг.IT16 Ra40	d	4,8			IT16 → h14→ h12 Ra40→ Ra6,3→ Ra3,2	1	Заготовка	1200	40	-	-
	Ra	12,5	2,2	2		2	Точіння чорнове	620	6,3	1,94	6,35
						3	Точіння чистове	250	3,2	2,48	1,97
						Загальне уточнення				4,81	12,5

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№3 торцева 27H12 ^{+0,21} Ra1,6 Заг.IT16 Ra40	d	5,71			IT16 → H14 → H13→ H12 Ra40→ Ra6,3→ Ra3,2 → Ra1,6	1	Заготовка	1200	40	-	-
	Ra	25	2,8	3		2	Точіння чорнове	520	6,3	2,31	6,35
						3	Точіння напівчистове	330	3,2	1,58	1,97
						4	Точіння чистове	210	1,6	1,57	2,0
						Загальне уточнення				5,73	25
№6 циліндрична Ø25k6 ^{+0,015} _{+0,002} Ra0,8 Заг.IT16 Ra40	d	92,3	3,9	4	IT16 → h14 → h11 → h8 → h6 Ra40 → Ra6,3 → Ra3,2 → Ra1,6→ Ra0,8	1	Заготовка	1200	40	-	-
	Ra	50				2	Точіння чорнове	520	6,3	2,31	6,35
						3	Точіння напівчистове	130	3,2	4,0	1,97
						4	Точіння чистове	33	1,6	3,94	2
						5	Шліфування	13	0,8	2,54	2
						Загальне уточнення					50
№5 торцева 67h12-0,3 Ra1,6 Заг.IT16 Ra40	d	4,33			IT16 → h14 → h13→ h12 Ra40→ Ra6,3→ Ra3,2→ Ra1,6	1	Заготовка	1300	40	-	-
	Ra	25	2,8	3		2	Точіння чорнове	740	6,3	1,76	6,35
						3	Точіння напівчистове	460	3,2	1,61	1,97
						4	Точіння чистове	300	1,6	1,53	2,0
						Загальне уточнення				4,34	25

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 – нормалізація, 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 проводиться мідніння – підготовка для подальшої хіміко-термічної операції цементації.

Наступним етапом обробки є напівчистова та чистова механічні обробки, підготовка чистових баз, фрезерування зубців та шпонкового пазу, після чого виконується цементація.

Заключним етапом виконуємо шліфування зовнішніх циліндричних поверхонь та зубців.

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 Ø35,1h12_{-0,25} з шорсткістю Ra3,2 мкм.

По [6, табл.23, стор.146] з урахуванням маси заготовки $Q = 0,756$ кг, матеріалу деталі - група сталі М2, ступінь складності штампування С1, габаритів поверхні для штамповки підвищеної точності визначаємо граничні відхилення заготовки: $Td_{\text{заг}} = \left(\begin{smallmatrix} +0,8 \\ -0,4 \end{smallmatrix} \right) = 1200$ мкм.

Встановлюємо нормативні значення показників якості поверхонь переходів механічної обробки:

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

Сумарні відхилення розташування поверхонь:

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

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

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

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

$$\rho_{\text{кор}} = 3 \cdot 35,1 = 105,3 \text{ мкм.}$$

$\rho_{\text{см}}$ – короблення зміщення, $\rho_{\text{см}} = 300$ мкм [7, табл.18, стор.187];

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{105,3^2 + 300^2} = 318 \text{ мкм.}$$

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

$$\rho_2 = 1,5 \cdot 35,1 = 52,65 \text{ мкм.}$$

Перехід 3 - точіння чорнове: по [7, табл.25, стор.188]: $Rz = 100 \text{ мкм}$; $h = 100 \text{ мкм}$

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

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

$$\rho_3 = 318 \cdot 0,06 = 19 \text{ мкм.}$$

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

де ε_3 — похибка встановлення деталі при закріпленні;

$$\varepsilon_3 = 0,25\sqrt{1,2^2 + 1} = 391 \text{ мкм.}$$

Перехід 4 – точіння чистове: $Rz = 25 \text{ мкм}$; $h = 25 \text{ мкм}$

$$\rho_4 = 318 \cdot 0,05 = 16 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_4 = 391 \cdot 0,05 = 20 \text{ мкм.}$$

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.

$$2Z_{3 \min} = 2 \left[160 + 200 + \sqrt{318^2 + 391^2} \right] = 1728 \text{ мкм};$$

$$2Z_{4 \min} = 2 \left[100 + 100 + \sqrt{19^2 + 20^2} \right] = 455 \text{ мкм};$$

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

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

$$d_{3 \max} = d_{4 \max} + 2Z_{4 \min} + Td_3 = 35,1 + 0,455 + 0,62 = 36,175 \text{ мм}$$

Округляємо до 36,18 мм

$$d_{\text{заг} \max} = d_{3 \max} + 2Z_{3 \min} + Td_{\text{заг}} = 36,18 + 1,728 + 1,2 = 39,108 \text{ мм}$$

Приймаємо $d_{\text{заг} \max} = 39,1 \text{ мм}$

Розраховуємо мінімальні розміри:

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

$$d_{\text{заг} \min} = d_{\text{заг} \max} - Td_{\text{заг}} = 39,1 - 1,2 = 37,9 \text{ мм}$$

$$d_{3 \min} = d_{3 \max} - Td_3 = 36,18 - 0,62 = 35,56 \text{ мм}$$

$$d_{4 \min} = d_{4 \max} - Td_4 = 35,1 - 0,25 = 34,85 \text{ мм}$$

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

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

$$2Z_{3 \max} = d_{\text{заг} \max} - d_{3 \min} = 39,1 - 35,56 = 3,54 \text{ мм}$$

$$2Z_{4 \max} = d_{3 \max} - d_{4 \min} = 36,18 - 34,85 = 1,33 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні значення припусків:

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

$$2Z_{3 \min} = d_{3 \max} - d_{4 \min} = 37,9 - 36,18 = 1,72 \text{ мм}$$

$$2Z_{4 \min} = d_{4 \max} - d_{5 \min} = 35,56 - 35,1 = 0,46 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку розрахунків за контрольним правилом:

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

$$2Z_{0 \max} = d_{\text{заг} \max} - d_{4 \min} = 39,1 - 34,85 = 4,25 \text{ мм}$$

$$2Z_{0 \min} = d_{\text{заг} \min} - d_{4 \max} = 37,9 - 35,1 = 2,8 \text{ мм}$$

$$4,25 - 2,8 = 1,45 = 1,2 + 0,25 = 1,45$$

Визначаємо номінальний розмір заготовки та технологічні виконавчі розміри:

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

$$d_{\text{заг} \text{ ном}} = 37,9 + 0,4 = 39,1 - 0,8 = 38,3$$

$$d_{\text{заг}} = \varnothing 38,3^{+0,8}_{-0,4};$$

$$d_3 = \varnothing 36,18_{-0,62}; \, d_4 = \varnothing 35,1_{-0,25}$$

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 $Q = 0,756$ кг, матеріалу деталі - група сталі М2, ступінь складності штампування С1, клас чистоти поверхні деталі – 5кл. (Ra3,2), розмірний інтервал до 50 мм, знаходимо загальний мінімальний припуск на заготовку для розміру 118h12-0,35: $Z_{0 \min} =$

1,9 мм на сторону. Загальний припуск розкладаємо між переходами механічної обробки, використовуючи коефіцієнт співвідношення припусків:

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

де j_i — коефіцієнт співвідношення припуску;

$$Z_{3 \min} = Z_{4 \min} = 0,8 \cdot 1,9 = 1,5 \text{ мм}$$

$$Z_{5 \min} = Z_{6 \min} = 0,2 \cdot 1,9 = 0,4 \text{ мм}$$

Розглянута поверхня зовнішня, тому розрахункові розміри визначаємо як максимальні.

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

$$l_{5 \max} = l_{6 \max} + Z_{6 \min} + Tl_5 = 118 + 0,4 + 0,35 = 118,75 \text{ мм}$$

$$l_{4 \max} = l_{5 \max} + Z_{5 \min} + Tl_4 = 118,75 + 0,4 + 0,87 = 120,02 \text{ мм}$$

$$l_{3 \max} = l_{4 \max} + Z_{4 \min} + Tl_3 = 120,02 + 1,5 + 0,87 = 122,39 \text{ мм}$$

$$l_{\text{заг} \max} = l_{3 \max} + Z_{3 \min} + Tl_{\text{заг}} = 122,39 + 1,5 + 1,3 = 125,19 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } l_{\text{заг} \max} = 125,2 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні розміри:

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

$$l_{\text{заг} \min} = l_{\text{заг} \max} - Tl_{\text{заг}} = 125,2 - 1,3 = 123,9 \text{ мм}$$

$$l_{3 \min} = l_{3 \max} - Tl_3 = 122,39 - 0,87 = 121,52 \text{ мм}$$

$$l_{4 \min} = l_{4 \max} - Tl_4 = 120,02 - 0,87 = 119,15 \text{ мм}$$

$$l_{5 \min} = l_{5 \max} - Tl_5 = 118,75 - 0,35 = 118,4 \text{ мм}$$

$$l_{6 \min} = l_{6 \max} - Tl_6 = 118 - 0,35 = 117,65 \text{ мм}$$

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

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

$$Z_{3 \max} = l_{\text{заг} \max} - l_{3 \min} = 125,2 - 121,52 = 3,68 \text{ мм}$$

$$Z_{4 \max} = l_{3 \max} - l_{4 \min} = 122,39 - 119,15 = 3,24 \text{ мм}$$

$$Z_{5 \max} = l_{4 \max} - l_{5 \min} = 120,02 - 118,4 = 1,62 \text{ мм}$$

$$Z_{6 \max} = l_{5 \max} - l_{6 \min} = 118,75 - 117,65 = 1,1 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні значення припусків:

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

$$Z_{3 \min} = l_{\text{заг} \min} - l_{3 \max} = 123,9 - 122,39 = 1,51 \text{ мм}$$

$$Z_{4 \min} = l_{3 \min} - l_{4 \max} = 121,52 - 120,02 = 1,5 \text{ мм}$$

$$Z_{5 \min} = l_{4 \min} - l_{5 \max} = 119,15 - 118,75 = 0,4 \text{ мм}$$

$$Z_{6 \min} = l_{5 \min} - l_{6 \max} = 118,4 - 118 = 0,4 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку розрахунків за контрольним правилом:

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

$$2Z_{0 \max} = l_{\text{заг} \max} - l_{6 \min} = 125,2 - 117,65 = 7,55 \text{ мм}$$

$$2Z_{0 \min} = l_{\text{заг} \min} - l_{6 \max} = 123,9 - 118 = 5,9 \text{ мм}$$

$$7,55 - 5,9 = 1,65 = 1,3 + 0,35 = 1,65$$

Визначаємо номінальний розмір заготовки та технологічні виконавчі розміри:

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

$$l_{\text{заг ном}} = 123,9 + 0,4 = 125,2 - 0,9 = 124,3 \text{ мм}$$

$$l_{\text{заг}} = 124,3^{+0,9}_{-0,4};$$

$$l_3 = 122,39_{-0,87}; \quad l_4 = 120,02_{-0,87}; \quad l_5 = 118,75_{-0,35}; \quad l_6 = 118_{-0,35};$$

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 015 – токарну (рис.1.6). Обробка виконується на токарному верстаті 16K20, технічні характеристики якого вказані у [10, стор. 421].

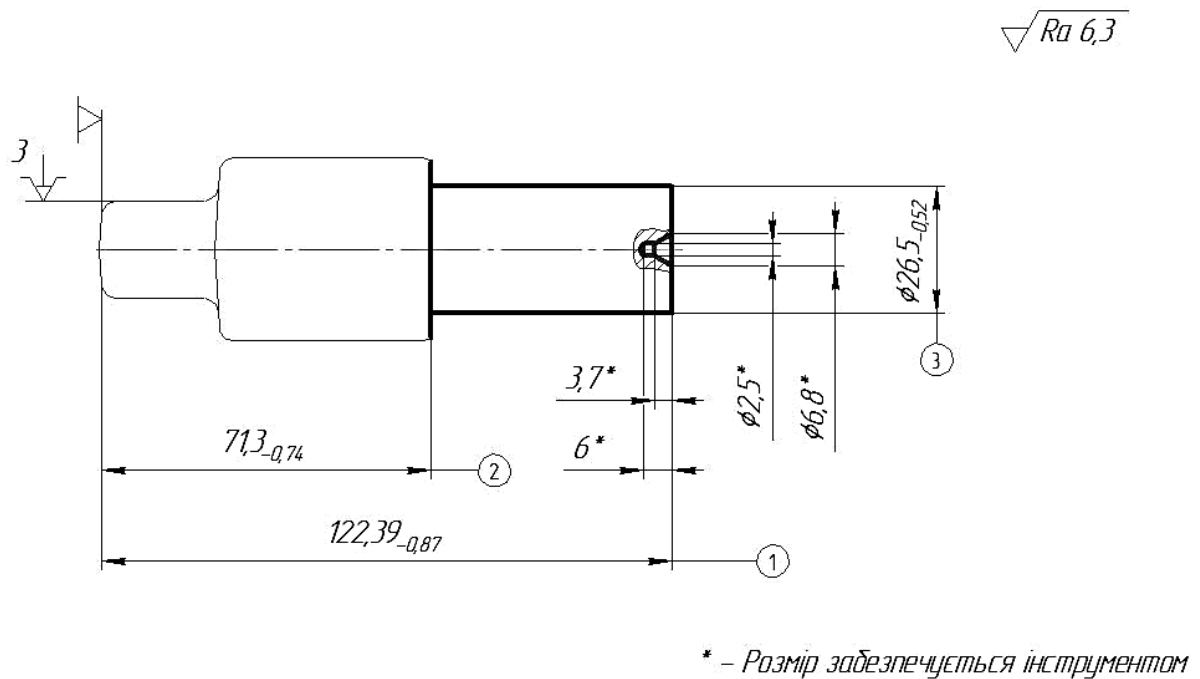


Рисунок 1.6 – Ескіз до обробки на операції 015 – токарної

Обробка виконується за 3 переходів – підрізка торця, точіння поверхонь та центрувати торець.

Розраховуємо режими різання для переходу №1 – підрізати торець, витримуючи розмір 1.

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

Знаходимо глибину різання t , мм:

$$t = 124,3 - 122,39 = 1,91 \text{ мм}$$

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

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

Визначаємо швидкість різання, яка допускається властивостями різця за формулою:

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

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

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

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

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

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

де K_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].

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

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1,91^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} \cdot 0,58 = 102,5 \text{ м/хв}$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 102,5}{3,14 \cdot 28,5} = 1146$$

Одержані значення частоти обертів, оброблюваної деталі коректуємо за паспортом верстату та приймаємо найближче менше значення $n_{\text{вТ}} (\text{хв}^{-1}) [10, \text{с.421}]$, $n_{\text{вТ}} = 1000 \text{ хв}^{-1}$

Визначаємо дійсну швидкість різання в м/хв.

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

$$V_{\text{д}} = \frac{3,14 \cdot 28,5 \cdot 1000}{1000} = 89,5 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання P_z за формулою:

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

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

$$K_p = K_{\text{мр}} \cdot K_{\text{ур}} \cdot K_{\text{фр}} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\text{рр}}, \quad (1.31)$$

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

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

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

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

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,91^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 89,5^{-0,15} \cdot 1,36 = 1609,8 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність, витрачену на різання в кВт.

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

$$N = \frac{1609,8 \cdot 89,5}{1020 \cdot 60} = 2,35 \text{ кВт}$$

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], $N_{\text{дв}} = 10 \text{ кВт}$, $\eta = 0,75$

$$N_{\text{шп}} = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт}$$

$$2,35 \text{ кВт} < 7,5 \text{ кВт} \text{ — умова виконується}$$

Визначаємо машинний час t_0 , хв, за формулою:

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

де L – шлях інструменту в напрямку подачі в мм;

i - кількість робочих ходів,

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

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

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

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

$$t_0 = \frac{14,25 + 1,91 + 3}{1000 \cdot 0,3} \cdot 1 = 0,06 \text{ хв}$$

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

1.6.2 Операція 065 – Фрезерна з ЧПК

Визначаємо режими різання та основного часу за допомогою табличних даних на операцію 065 – фрезерну з ЧПК. Обробка виконується на верстаті з ЧПК Hermle C 800 [11]. Ескіз операції показаний на рисунку 1.7.

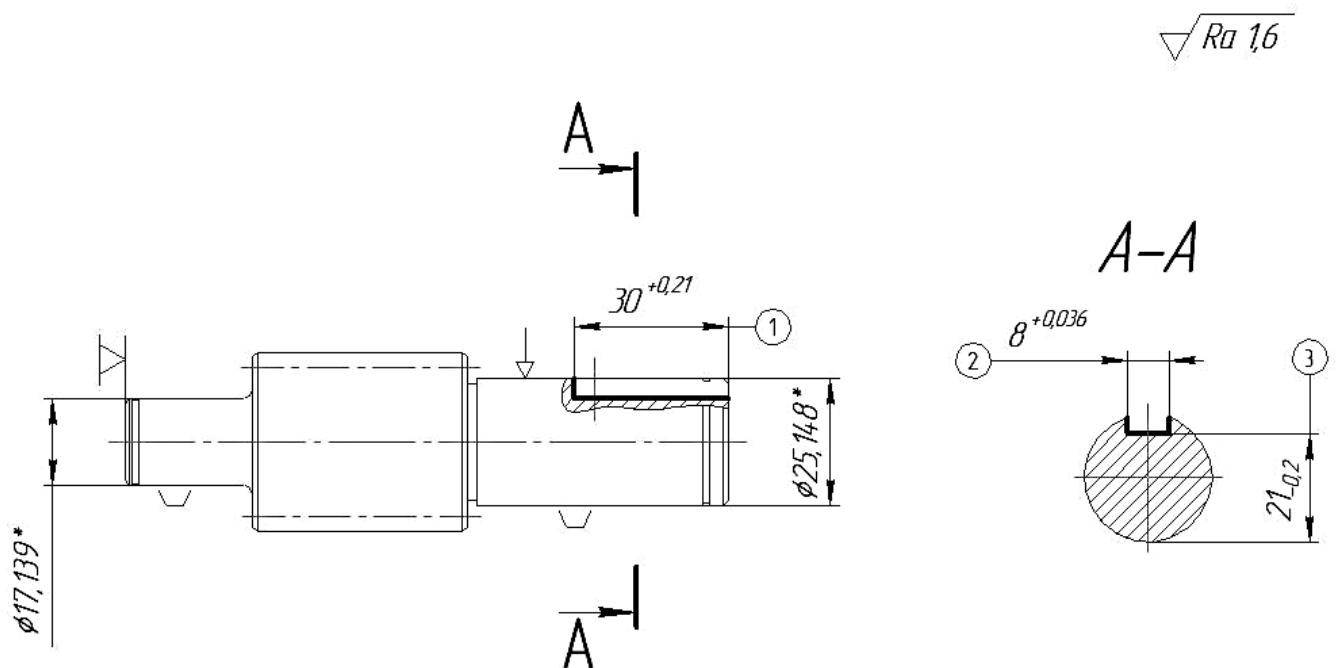


Рисунок 1.7 – Ескіз до обробки на операції 065 – фрезерна з ЧПК

На операції виконується фрезерування шпонкового пазу, витримуючи розміри 1, 2, 3, по програмі. Для верстата з ЧПК обираємо за каталогом [12] фрезу кінцеву EC-E4L 08-18/26C08CFR0.3 (рис.1.8), патрон ER16 SEAL 8 AA (рис.1.9).

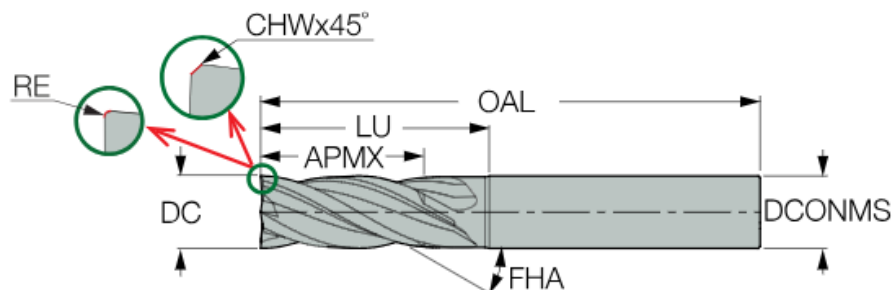


Рисунок 1.8 – Фреза кінцева EC-E4L 08-18/26C08CFR0.3

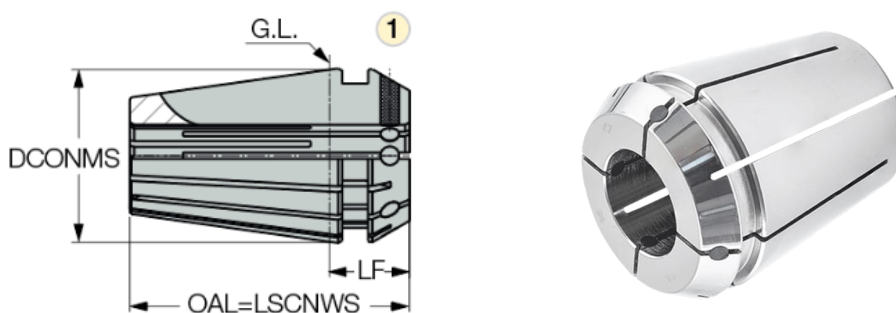


Рисунок 1.9 – Патрон ER16 SEAL 8 AA

Параметри фрези вказані у таблиці 1.7, патрона - у таблиці 1.8.

Таблиця 1.7 – Параметри свердла EC-E4L 08-18/26C08CFR0.3

DC	APMX	LU	OAL	DCONMS	RE	NOF	fz (min)	fz (max)
8.00	18.00	26.00	63.00	8.00	0.30	4	0.03	0.08

Таблиця 1.8 – Параметри патрона ER16 SEAL 8 AA

SS	DCONWS	DCONMS	LF	OAL	LSCNWS
ER16	8.00	16.00	6.30	27.50	27.50

Визначаємо глибину різання за схемами по [6]: $t = 8$ мм.

За рекомендованими значеннями інструменту з табл.1.7 приймаємо значення подачі $S_z = 0,05$ мм/зуб.

За рекомендованими значеннями інструменту по [12] визначаємо швидкість різання, що допускається різальними властивостями інструменту. З інтервалу 60...150 м/хв приймаємо $V = 70$ м/хв.

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

$$n = \frac{1000 \cdot 70}{3,14 \cdot 8} = 2787 \text{ хв}^{-1}.$$

Одержані значення частоти обертів, коректуємо за паспортом верстату по [11], приймаємо найближче менше значення $n_{\text{вт}} = 2500 \text{ хв}^{-1}$.

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

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 2500}{1000} = 62,8 \text{ м/хв}.$$

Дійсне значення різання входить у проміжок рекомендованої швидкості.

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

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

де $z = 4$, – кількість зубців фрези.

$$S_{\text{хв}} = 0,05 \cdot 2500 \cdot 4 = 500 \text{ мм/хв}$$

Приймаємо $S_{\text{хв}} = 250$ мм/хв, тоді дійсне значення $S_z = 0,03$ мм/об.

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 (ріжучих пластин) фрези;

n – частота обертання фрези;

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

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 8^{0,86} \cdot 0,03^{0,72} \cdot 4,148^{1,0} \cdot 4}{8^{0,86} \cdot 2500^0} \cdot 1,08 = 978,67 \text{ Н}$$

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

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

$$M_{кр} = \frac{978,67 \cdot 8}{2 \cdot 100} = 39,15 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

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

$$N = \frac{978,67 \cdot 62,8}{1020 \cdot 60} = 1,0 \text{ кВт} < 6,5 \text{ кВт}$$

Умова виконується, обробка можлива.

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

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

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.

$$y = 0,5 \cdot D \quad (1.41)$$

$$y = 0,5 \cdot 8 = 4 \text{ мм}$$

$$L = 22 + 4 + 5 = 31 \text{ мм}$$

$$t_0 = \frac{31}{250} \cdot 1 = 0,124 \text{ хв}$$

1.6.3 Операція 090 – Круглошліфувальна

Визначаємо режими різання та основного часу табличним способом на операцію 090 – круглошліфувальна. Ескіз обробки показаний на рисунку 1.10. Обробка виконується на круглошліфувальному верстаті 3М131 [11].

$\nabla Ra 0,80$

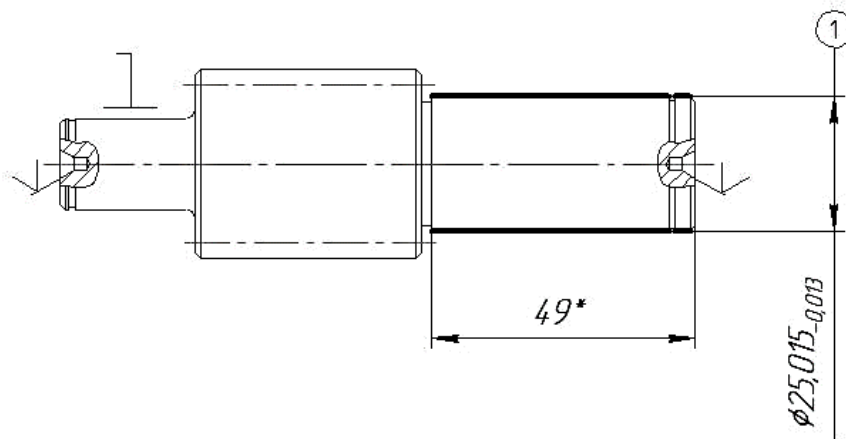


Рисунок 1.10 – Ескіз до обробки на операції 090 – круглошліфувальна

Для шліфування поверхні обираємо круг – 1 (з прямим профілем) з розмірами 600x63x150 мм, матеріал абразивного круга – 24А40С1К. 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:

$$n_z = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 25,015} = 446 \text{ об/хв.}$$

По паспорту верстата [11] приймаємо $n_z = 400$ об/хв.

Визначаємо дійсне значення колової швидкості заготовки за (1.29):

$$V_z^d = \frac{3,14 \cdot 400 \cdot 25,015}{1000} = 31,4 \text{ м/хв.}$$

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

По прийнятій V_k визначаємо частоту обертання круга та приймаємо найближче значення по паспорту верстата:

$$n_k = \frac{1000 \cdot 60 \cdot V_k}{\pi \cdot D_k}, \quad (1.42)$$

$$n_k = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 35}{3,14 \cdot 600} = 1115 \text{ об/хв}$$

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

Визначаємо дійсне значення колової швидкості абразивного круга:

$$V_k^d = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60}, \quad (1.43)$$

$$V_k^d = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 34,9 \text{ м/с}$$

Призначаємо радіальну подачу, мм/об по [7, стор. 301, табл. 55], $S_t = 0,002$ мм/об.

Визначаємо час на обробку за формулою:

$$t_0 = \frac{h}{n_3 \cdot S_t} \quad (1.44)$$

$$t_0 = \frac{0,067}{400 \cdot 0,002} = 0,08 \text{ хв}$$

1.7 Технічне нормування операцій

1.7.1 Операція 015 - Токарна

Допоміжний час визначається за формулою:

$$t_{\text{доп}} = t_y + t_{\text{упр}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.45)$$

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];

$$t_{\text{доп}} = 0,07 + 0,06 + 0,20 = 0,33 \text{ хв}$$

Оперативний час визначається за формулою:

$$t_{\text{оп}} = t_0 + t_{\text{доп}}, \quad (1.46)$$

$$t_{\text{оп}} = 0,40 + 0,33 = 0,73 \text{ хв}$$

Додатковий час визначається за формулою:

$$t_{\text{дод}} = (\alpha_{\text{тех}} + \alpha_{\text{відп}}) \cdot t_{\text{оп}}, \quad (1.47)$$

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];

$$t_{\text{дод}} = (0,06 + 0,04) \cdot 0,73 = 0,073 \text{ хв}$$

Штучний час визначається за формулою:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{дод}}, \quad (1.48)$$

$$t_{\text{шт}} = 0,73 + 0,073 = 0,80 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час визначається за формулою:

$$t_{\text{пз}} = t_{\text{пз1}} + t_{\text{пз2}} + t_{\text{пз3}}, \quad (1.49)$$

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

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

$t_{\text{пз3}}$ -норматив часу на отримання ріжучого інструменту і здача його після закінчення зміни, $t_{\text{пз3}} = 8$ хв; [13, стор.135, к.49];

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

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$t_{\text{шк}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{пз}}}{n}, \quad (1.50)$$

$$t_{\text{шк}} = 0,80 + \frac{35}{32} = 1,89 \text{ хв}$$

1.7.2 Операція 065 – Фрезерна з ЧПК

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.45), при цьому $t_y = 0,03$, [13, стор.438, к.63]; $t_{\text{упр}} = 0,02$ [13, стор.440, к.64]; $t_{\text{контр}} = 0,01$, [13, стор.446, к.67].

$$t_{\text{доп}} = 0,03 + 0,02 + 0,01 = 0,06 \text{ хв}$$

Оперативний час визначаємо за формулою (1.46):

$$t_{\text{оп}} = 0,124 + 0,06 = 0,184 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час за формулою (1.47), де $\alpha_{\text{тех}}$ визначаємо по [13, стор.422, к.56], $\alpha_{\text{відп}}$ по [13, стор.422, к.56].

$$t_{\text{дод}} = (0,07 + 0,03) \cdot 0,184 = 0,02 \text{ хв}$$

Штучний час визначаємо за формулою (1.48):

$$t_{\text{шт}} = 0,184 + 0,02 = 0,20 \text{ хв}$$

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

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

Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою (1.49):

$$t_{\text{шк}} = 0,20 + \frac{26}{32} = 1,01 \text{ хв}$$

1.7.3 Операція 090 – Круглошліфувальна

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.45), при цьому $t_y = 0,01$, [13, стор.56, к.5]; $t_{\text{упр}} = 0,02$ [13, стор.79, к.14]; $t_{\text{контр}} = 0,04$, [13, стор.81, к.15].

$$t_{\text{доп}} = 0,01 + 0,02 + 0,04 = 0,07 \text{ хв}$$

Оперативний час визначаємо за формулою (1.46):

$$t_{\text{оп}} = 0,08 + 0,07 = 0,15 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час за формулою (1.47), де $\alpha_{\text{тех}}$ визначаємо по [13, стор.91, к.16], $\alpha_{\text{відп}}$ по [13, стор.92, к.17].

$$t_{\text{дод}} = (0,07 + 0,04) \cdot 0,15 = 0,01 \text{ хв}$$

Штучний час визначаємо за формулою (1.48):

$$t_{\text{шт}} = 0,15 + 0,01 = 0,16 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час визначаємо за формулою (1.55), 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 (1.49):

$$t_{\text{шк}} = 0,16 + \frac{24}{32} = 0,91 \text{ хв}$$

Всі розрахунки норм часу зводимо у табл. 1.9.

Таблиця 1.9 – Норми часу по операціям

№ оп.	Найменування операції	Облад- нання	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	Токарна	16K20	0,4	0,33	0,73	0,073	0,80	29	1,71
020	Токарна	16K20	0,35	0,28	0,63	0,063	0,69	29	1,60
030	Токарна з ЧПК	Cormak 360x750	0,42	0,23	0,65	0,065	0,72	27	1,56
035	Токарна з ЧПК	Cormak 360x750	0,53	0,51	1,04	0,104	1,14	27	1,99
040	Зубофрезерна	53A50	2,67	1,59	4,26	0,426	4,69	27	5,53
055	Токарна з ЧПК	Cormak 360x750	0,28	0,12	0,4	0,04	0,44	27	1,28
060	Токарна з ЧПК	Cormak 360x750	0,19	0,17	0,36	0,036	0,40	27	1,24
065	Фрезерна з ЧПК	Hermle C 800	0,124	0,06	0,184	0,02	0,20	26	1,01
085	Зубошліфув.	5B833	1,35	1,03	2,38	0,238	2,62	33	3,65
090	Круглошліфув	3M131	0,08	0,07	0,15	0,015	0,17	24	0,92
095	Круглошліфув	3M131	0,06	0,06	0,12	0,012	0,13	24	0,88

1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

Керуючу програму розробляємо для операції 065 – фрезерна з ЧПК. На операції виконується фрезерування пазу. Ескіз обробки показаний на рис.1.7. Розробку виконуємо у конструкторському пакеті Siemens NX.

Підготовлюємо 3д модель деталі, яка буде утворюватись після обробки. (рис.1.11)

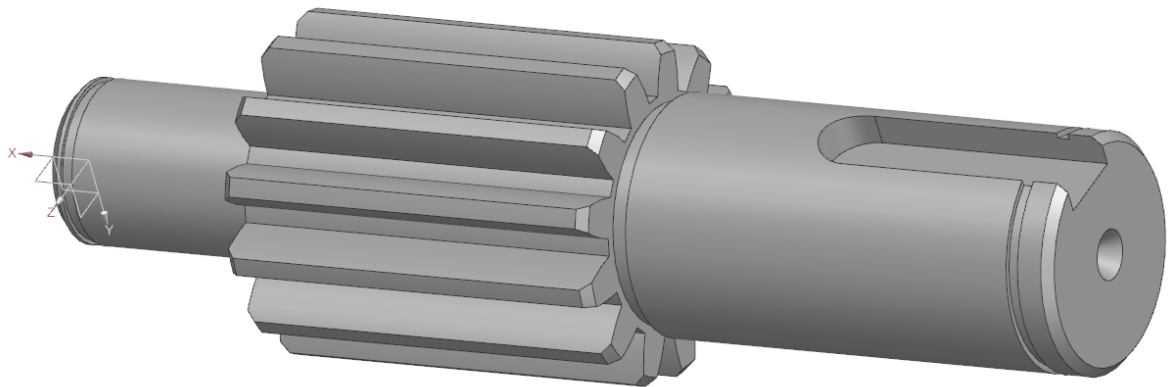


Рисунок 1.11 – 3д модель деталі «Вал-шестерня» після обробки

Налаштовуємо системи координат та нуль деталі. Результат підготовки показан на рисунку 1.12.

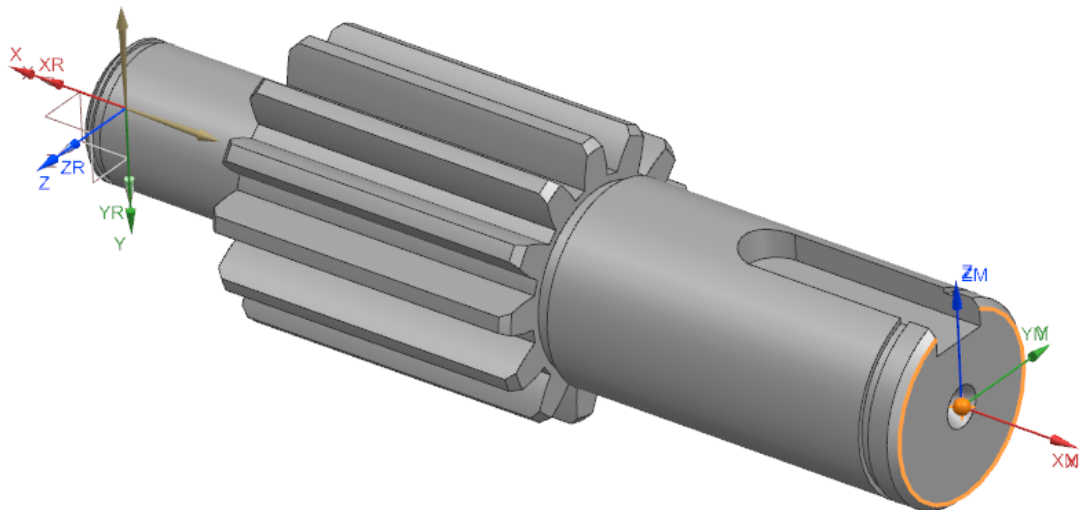


Рисунок 1.12 – Налаштування систем координат нуля деталі

Створюємо ріжучий інструмент – фреза Ø8, який зображений на рисунку 1.13

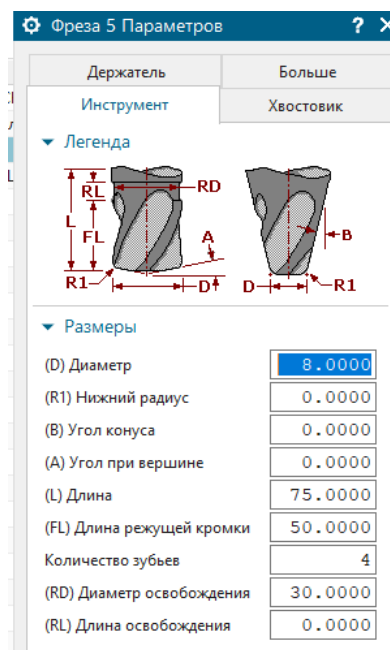


Рисунок 1.13 – Ріжучий інструмент – фреза кінцева

Створюємо операцію, в якій вказуємо регіон обробки шпонкового пазу, розраховані попередньо режими різання та генеруємо КП для обробки. Траєкторія руху інструмента показана на рисунку 1.14. Керуюча програма вказана у додатку Б.

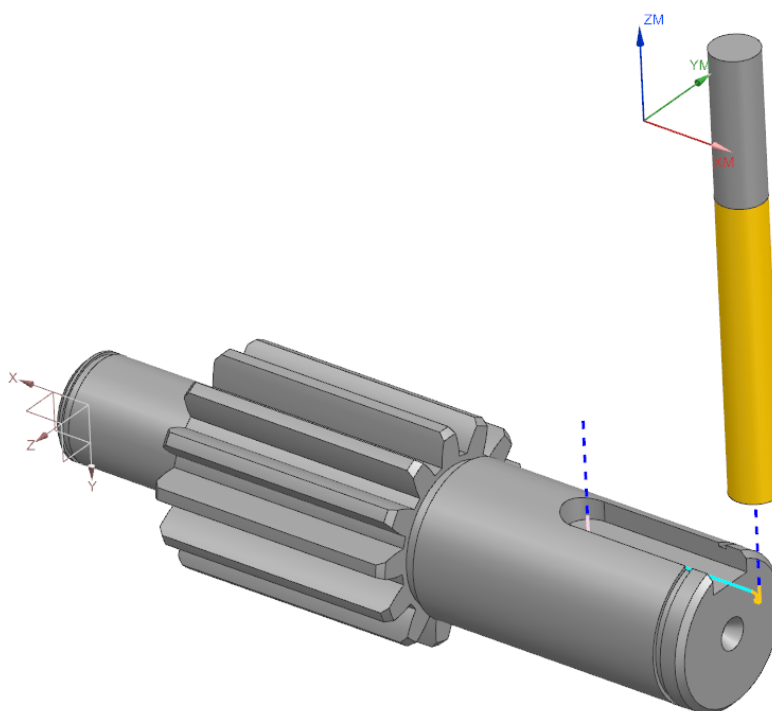


Рисунок 1.14 – Створення траєкторії руху інструмента

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

На операції 065 – фрезерній з ЧПК використовується пневматичне пристосування для фрезерування шпонкового пазу (рис. 2.1). Пристосування встановлюється на столі верстата Hermle C800.

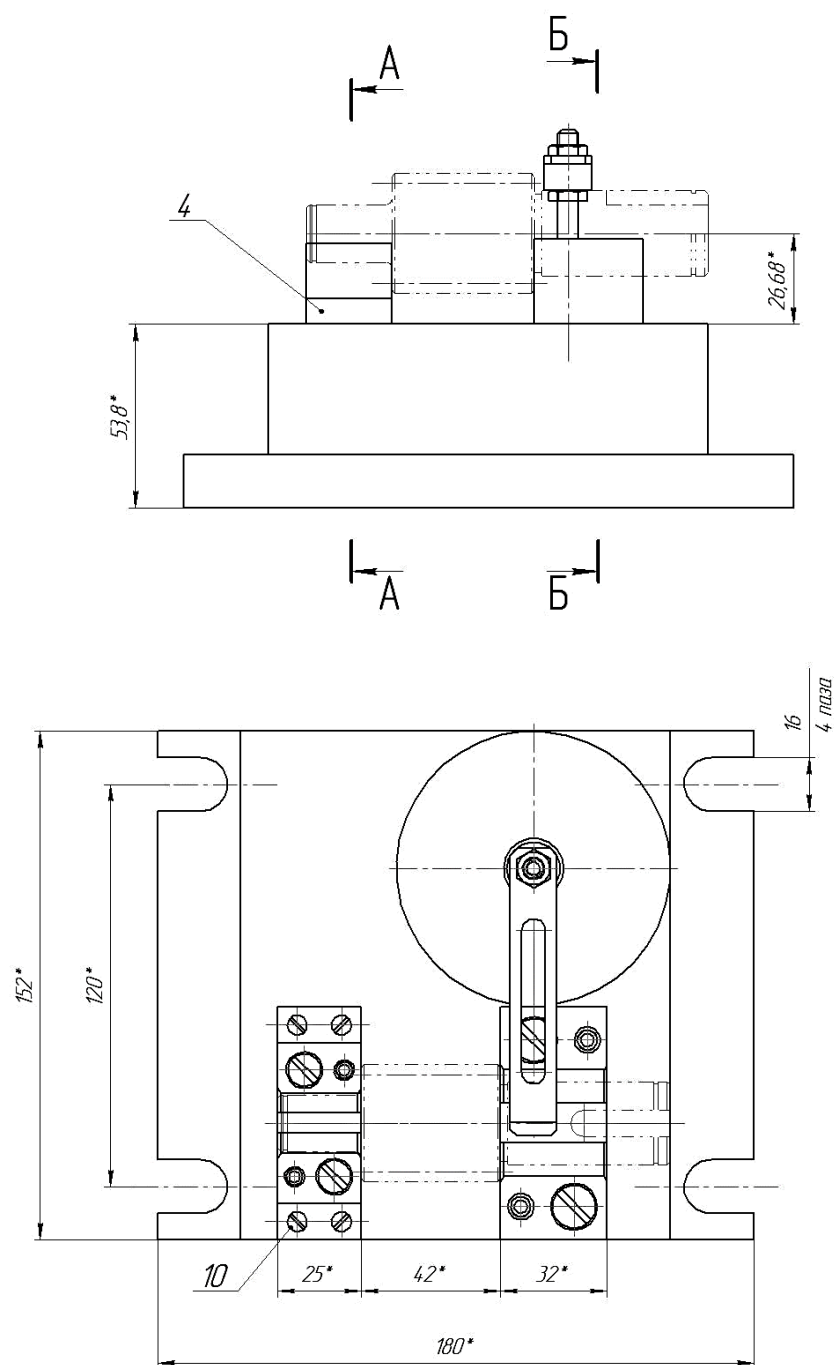


Рисунок 2.1 – Ескіз пристосування для фрезерування

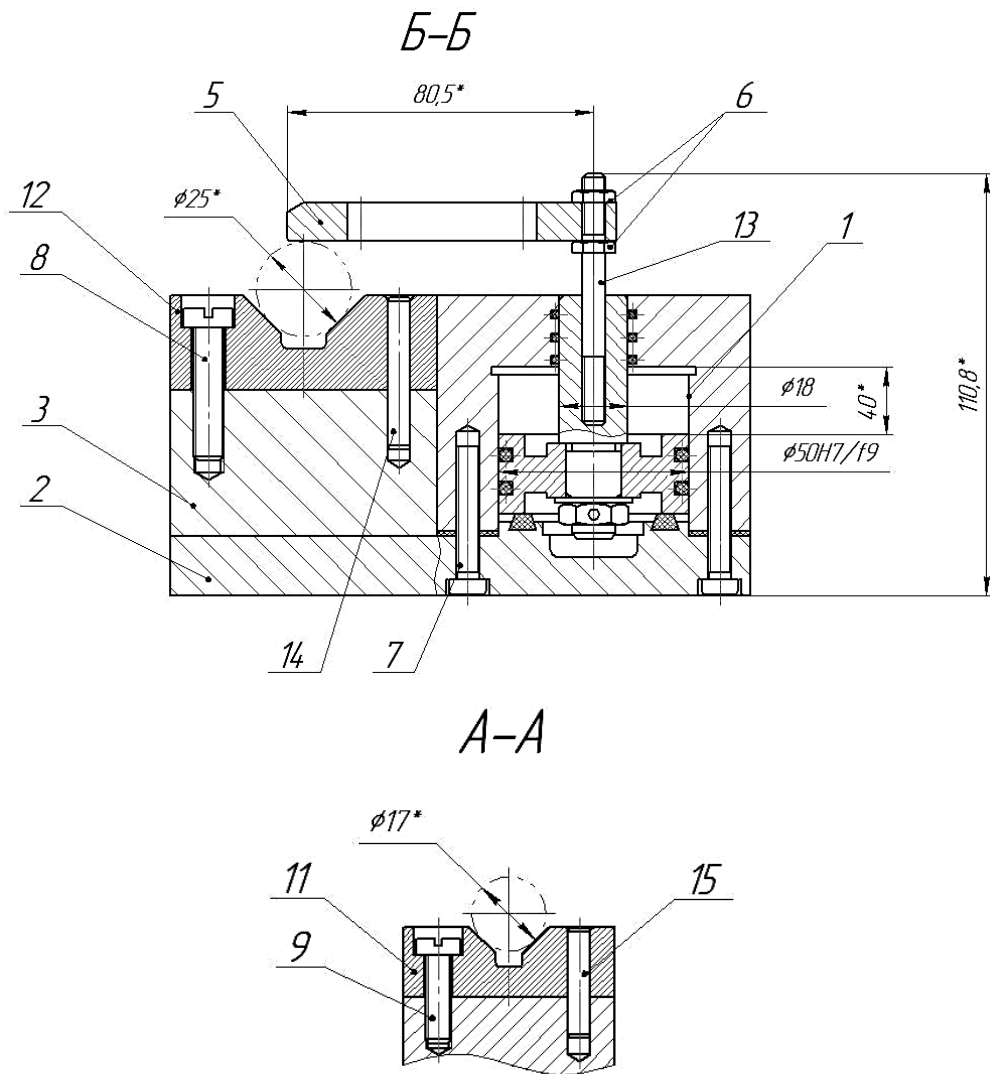


Рисунок 2.1, аркуш 2

Для затиску деталі «Вал-шестерня» 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 компонування з пристосуванням - на вбудовані та агрегатовані, за видом установки - на стаціонарні і обертові, за кількістю приводів - на одинарні та здвоєні.

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

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

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

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

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Пристосування складається з пневмоциліндра 1, плити 2, на яку встановлюються призми 11 та 12. Призми 11 та 12 призначені для встановлення та центрування деталі у пристосуванні.

Пристосування встановлюється на столі верстата та закріплюється пристосування гвинтами М16 за Т-образні пази стола верстата.

Принцип роботи пристосування полягає у тому, що при потраплянні стислого повітря у верхню частину пневмоциліндра 1, поршень зі штоком зміщується вниз. У шток вгвинчена шпилька 13. До шпильки у верхній частині закріплено прихват 5, який затискує деталь. При потраплянні стислого повітря у нижню частину пневмоциліндра поршень зі штоком зміщується вгору, внаслідок чого сила затиску послаблюється та деталь розкріплюється та знімається з пристосування.

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність

Деталь «Вал-шестерня» встановлюється у призми, тому розглянемо розрахунок похибки базування при такому встановленні (рис. 2.2).

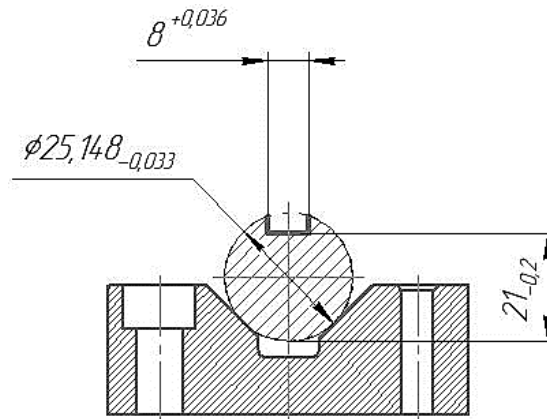


Рисунок 2.2 – Схема встановлення деталі

Визначаємо похибку встановлення на розмір $21_{0,2}$ 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.

Визначаємо похибку базування визначаємо за формулою:

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

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

$$T_d = 0,033 \text{ мм};$$

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

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

Визначаємо похибку закріплення за формулою:

$$\varepsilon_{\text{зн}} = \varepsilon_{\text{з табл}} \cdot \sin \alpha / 2$$

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

$$\varepsilon_{\text{з табл}} = 40 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_{\text{зн}} = 0,040 \cdot \sin 45^\circ = 0,028 \text{ мм}$$

Тоді за формулою (2.1):

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{0,007^2 + 0,028^2} = 0,029 \text{ мм}$$

Похибка встановлення має бути менше третини допуску на одержуваний розмір (0,210 мм), тобто:

$$0,029 \leq 1/3 \cdot 0,2 = 0,066 \text{ мм}$$

Таким чином, розрахунки показали, що обидві схеми встановлення є доцільні.

Визначимо розмір установка при фрезеруванні на розмір $21_{-0,2}$ (рис. 2.3). Товщина щупа $S=3_{-0,006}$ мм. Розрахунок виконуємо згідно рекомендаціям [14, стр.80].

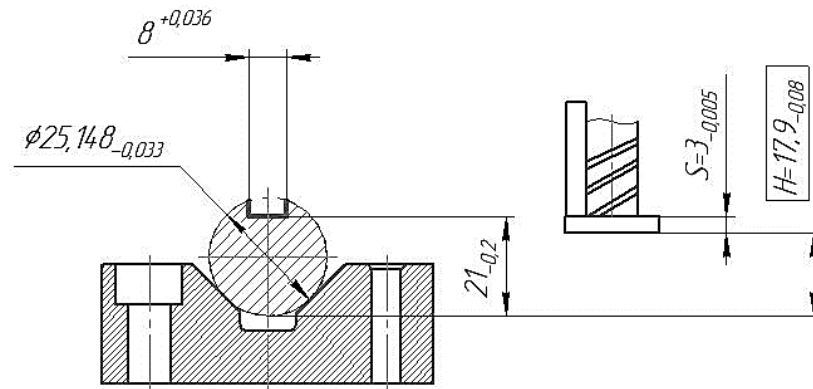


Рисунок 2.3 – Схема налаштування інструмента для свердління

Визначаємо середній розмір обробки $A_{\text{ср}}$, мм, за формулою:

$$A_{\text{ср}} = A + \frac{TA}{2}, \quad (2.3)$$

де TA – допуск на виготовлення, $TA = 0,46$ мм;

$$A_{\text{ср}} = 21 - \frac{0,2}{2} = 20,9 \text{ мм}$$

Визначаємо середній розмір установка $H_{\text{ср}}$, мм, за формулою:

$$H_{\text{ср}} = A_{\text{ср}} - S \quad (2.4)$$

$$H_{\text{ср}} = 20,9 - 3 = 17,9 \text{ мм}$$

Визначаємо допуск на виготовлення установка T_H , мм, по формулі:

$$T_H = T_A - (k_1 \cdot \varepsilon_6 + \varepsilon_3 + k_2 \cdot \omega) \quad (2.5)$$

де T_A – допуск на розмір обробки, $T_A = 0,2$ 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].

$$T_H = 0,2 - (0,23 \cdot 0,007 + 0,028 + 0,6 \cdot 0,13) = 0,092$$

Приймаємо $T_H = 0,08$ мм.

Визначаємо виконавчий розмір установка:

$$\boxed{H} = 17,9_{-0,08} \text{ мм}$$

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Розрахунок зусилля затиску виконуємо відносно попередньо розрахованої сили різання та крутного моменту, які складають $P_z = 978,67$ Н, крутний момент $M_{кр} = 39,15$ Нм.

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

$$W = \frac{k \cdot P_z \cdot \sin \alpha / 2}{f \cdot l}, \quad (2.3)$$

де k – коефіцієнт запасу;

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (2.4)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$W = \frac{1,5 \cdot 978,67 \cdot \sin 45^\circ}{0,16 \cdot 80,5} = 80,6 \text{ Н}$$

Визначаємо зусилля на штоці за формулою:

$$Q = W \cdot \frac{l}{l_1} \quad (2.5)$$

$$Q = 80,6 \cdot \frac{80,5}{12} = 540,7 \text{ Н}$$

Визначаємо зусилля затиску за формулою:

$$Q = \rho \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \eta, \quad (2.6)$$

де ρ - тиск повітря, $\rho = 0,4 \text{ Мпа}$;

D – діаметр циліндра, мм;

η - коефіцієнт корисної дії, $\eta=0,8$;

Із цієї формули визначаємо формулу діаметра циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\rho \cdot \pi \cdot \eta}}, \quad (2.7)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 540,7}{0,4 \cdot 3,14 \cdot 0,8}} = 46,4 \text{ мм}$$

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

$$Q = 0,4 \frac{3,14 \cdot 50^2}{4} \cdot 0,8 = 628 \text{ Н}$$

Необхідна сила затиску складає 540,7 Н, а дійсна сила затиску 628 Н, то цієї сили достатньо для затиску деталі та даний пристрій забезпечить достатній затиск деталі для запобігання зсуву заготовки з пристроєм.

2.2 Проектування і принцип роботи контрольного пристосування

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

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

Головні вимоги до контрольно-вимірювальним пристосуванням:

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

- економічна доцільність.

Контрольний пристрій призначен для перевірки перпендикулярності торцевої поверхні при базуванні на поверхні Е та Ж, яке повинно складати не більше 0,03 мм. Ескіз контрольного пристосування зображено на рисунку 2.4.

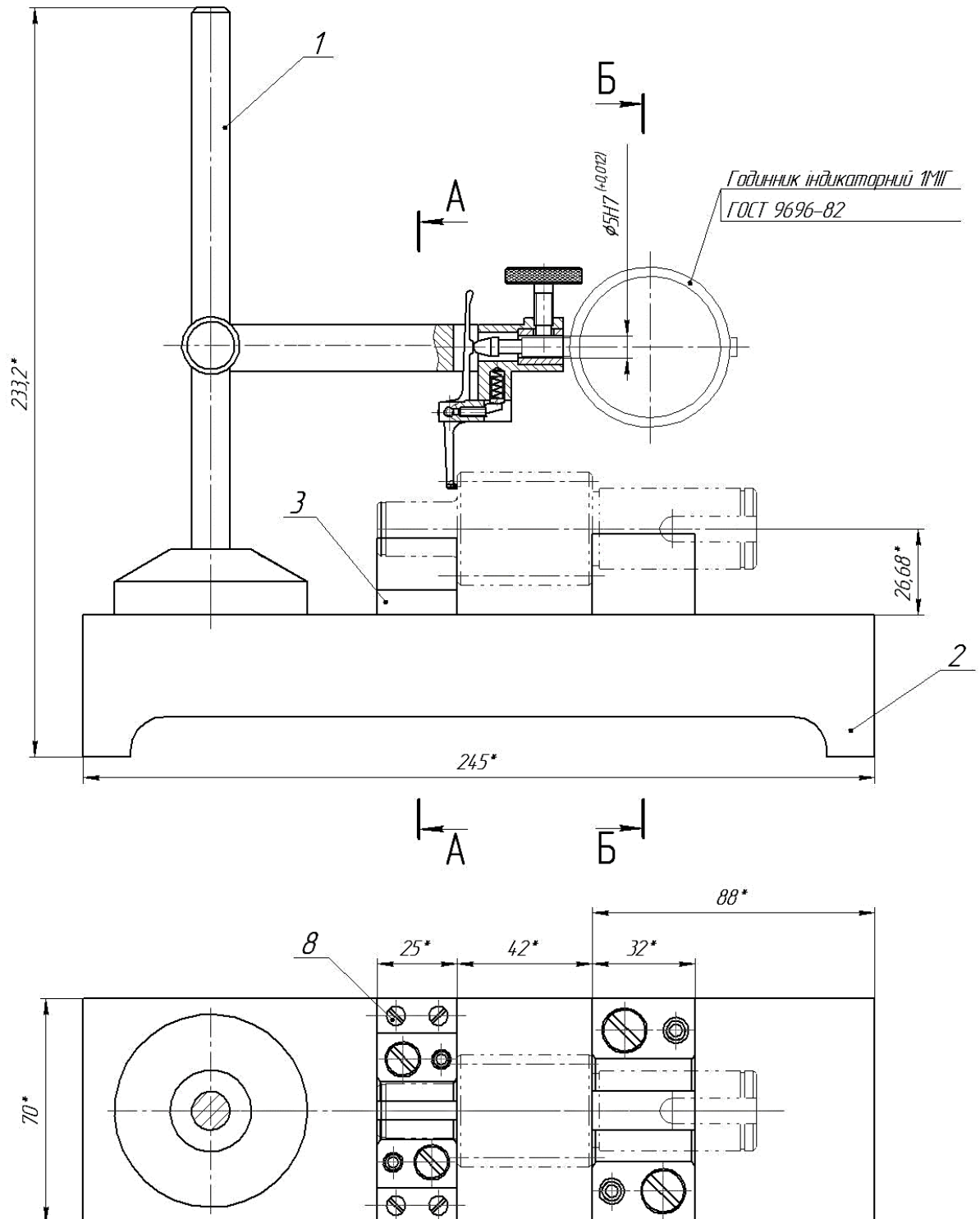


Рисунок 2.4 – Ескіз контрольного пристосування

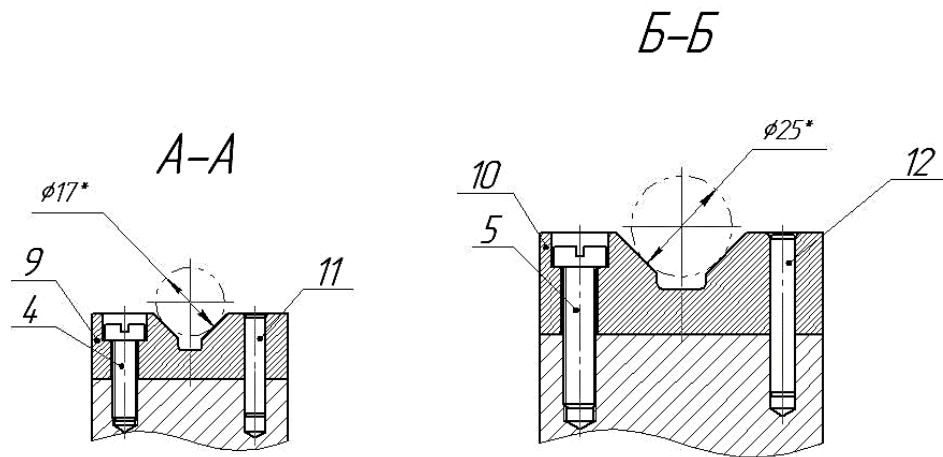


Рисунок 2.4, аркуш 2

Пристрій складається з плити 2, на яку встановлюються призми 9 та 12, та стійка 1 на якій закріплений годинник індикаторного типу. Деталь встановлюється у призми 9 та 12 поверхнями $\varnothing 17$ та $\varnothing 25$, після чого до контролюємої поверхні підводиться стійка з індикаторним годинником. Годинник виставляють таким чином, щоб накінецьник доторкнувся до поверхні та лімб виставляється на нуль. Далі виконують контроль поверхні шляхом переміщення штанги стійки 1 по поверхні, яка контролюється та фіксують відхилення.

2.3 Розрахунок на міцність

Виконаємо розрахунок на міцність для прихвата 5 та обраного отвору під шпильку 13, які використовуються у пристосуванні для фрезерування.

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];

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 3д модель прихвата, який попередньо розроблений в програмі NX (рисунок 2.5)

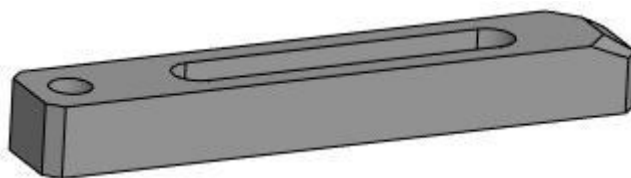


Рисунок 2.5 – Підготовлена 3д модель прихвата

Розбиваємо її на сітку з розміром зерна 0,5 мм. Результат розбивки показаний на рисунку 2.6

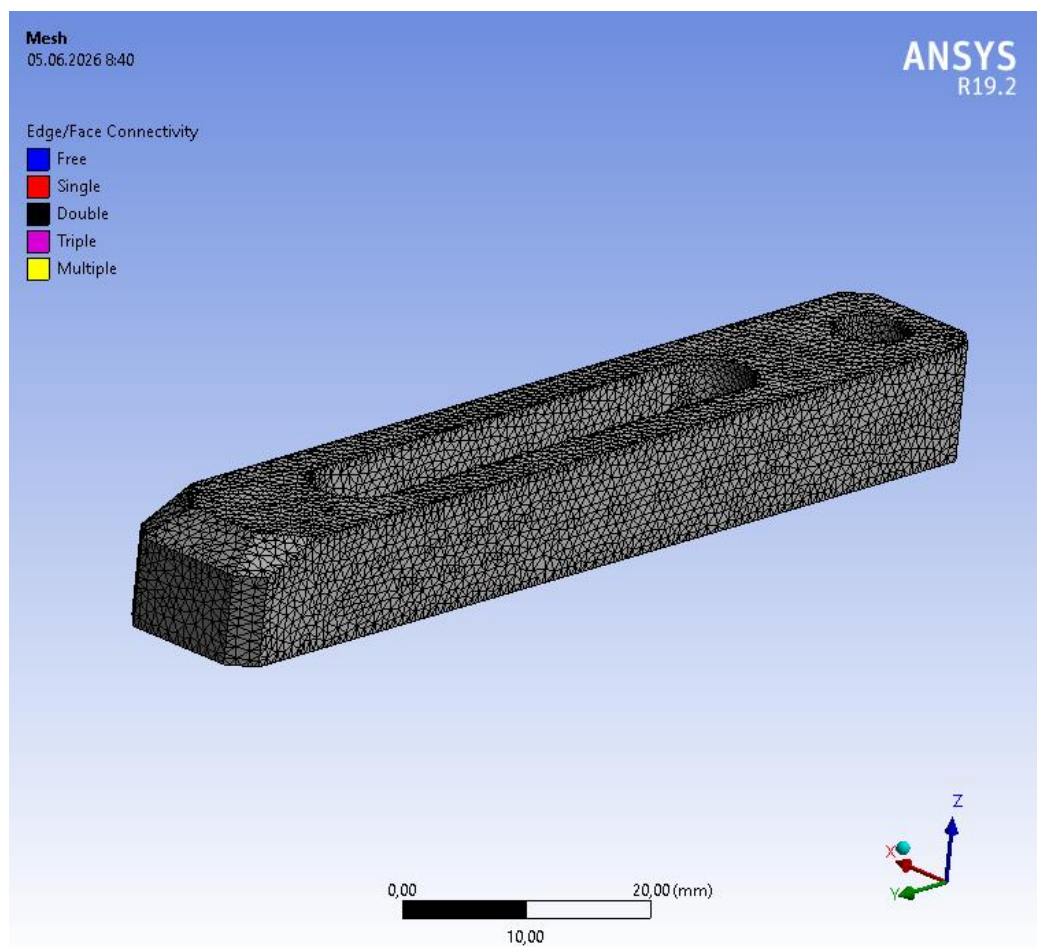


Рисунок 2.6 – Результат розбивки на сітку деталі прихват

Прикладаємо навантаження, які діють на деталь при роботі у пристосуванні – сила на штоці складає 628Н, та виконуємо розрахунок. Прикладені сили показані на рисунку 2.7. Результат розрахунку показаний на рисунку 2.8.

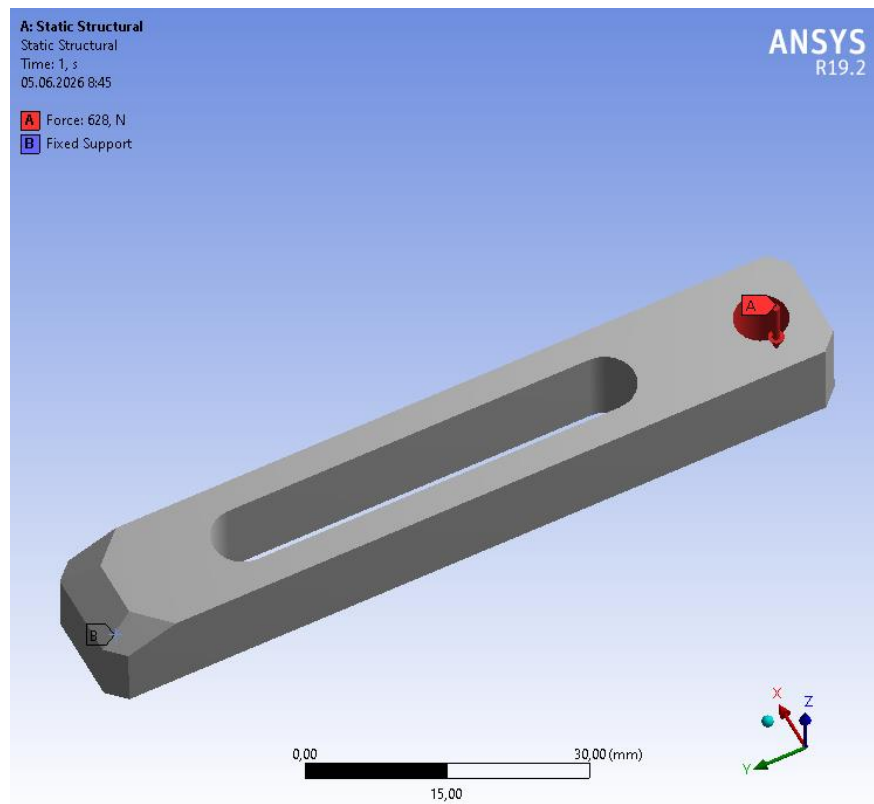


Рисунок 2.7 – Сили, які діють на прихват

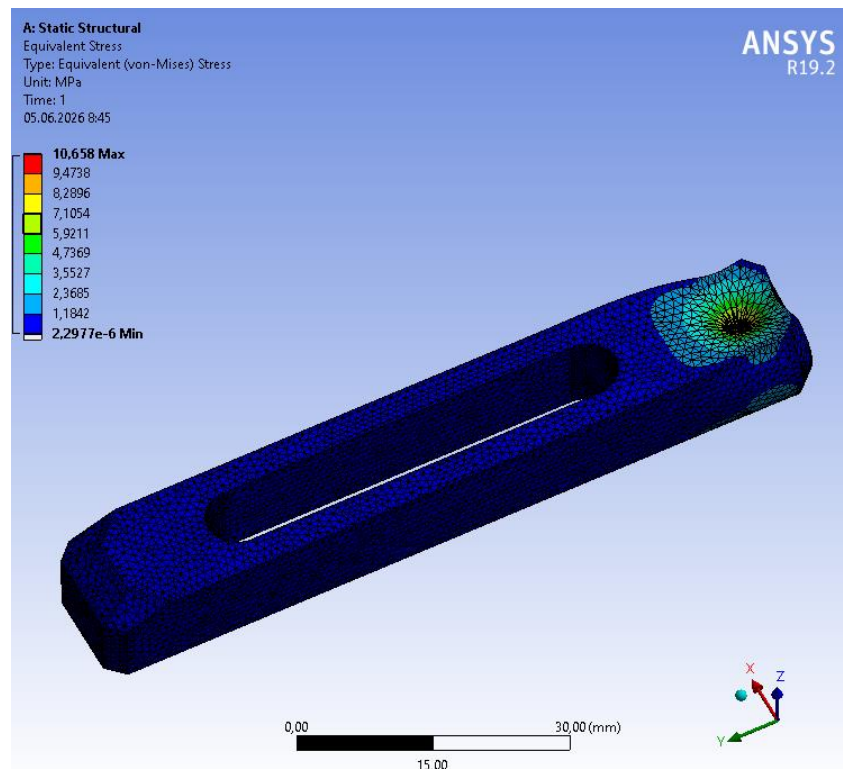


Рисунок 2.8 – Результат розрахунку

Розрахунок показав, що значення найбільшої напруги складає 10,658 МПа, а допустиме значення матеріалу прихвата (сталь 45) при розтязі-стисканні складає 450 МПа , [16, стр.200, табл..9.1].

За формулою (2.9):

$$k \cdot \sigma_{max} = 1,5 \cdot 10,658 = 16 \text{ МПа}$$

$$16 \text{ МПа} \leq 450 \text{ МПа}$$

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

3 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка необхідної кількості технологічного обладнання

Орієнтуючись на задану програму випуску базової деталі $N = 4000$ шт, попередньо призначаємо тип виробництва – серійне.

На ділянці окрім деталі «Вал-шестерня» виробляються наступні деталі: вал-шестерня ($N = 5500$ шт), колесо зубчасте ($N = 2500$ шт), фланець ($N = 3300$ шт), вал шліцьовий ($N = 3500$ шт).

Визначаємо розрахункову кількість верстатів за формулою:

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

де i – номер технологічної операції;

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

m –кількість робочих змін;

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

$$S_{P015} = \frac{376035}{2004 \cdot 2 \cdot 60} = 1,56,$$

приймаємо $S_{n015} = 2$ верстата

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;

$$k_{3015} = \frac{1,56}{2} = 0,78$$

Аналогічно розраховуємо для інших операцій.

Розраховуємо середній коефіцієнт завантаження ділянки за формулою:

$$\overline{k_3} = \frac{\sum S_p}{\sum S_n} \quad (3.3)$$

$$\overline{k_3} = 15,88/20 = 0,79$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Кількість обладнання та коефіцієнти завантаження обладнання

№ оп.	Найменування операції	Модель обладнання	$\sum_{j=1}^l t_{ш.к.ij} \cdot N_i$	S_p , шт..	S_n , шт..	k_3
1	2	3	4	5	6	7
015	Токарна	16K20	376035	1,56	2	0,78
020	Токарна	16K20	351835	1,46	2	0,73
030	Токарна з ЧПК	Cormak 360x750	342925	1,43	2	0,71
035	Токарна з ЧПК	Cormak 360x750	397550	1,65	2	0,83
040	Зубофрезерна	53A50	857111,3	3,56	4	0,89
055	Токарна з ЧПК	Cormak 360x750	198981,3	0,83	1	0,83
060	Токарна з ЧПК	Cormak 360x750	192161,3	0,80	1	0,80
065	Фрезерна з ЧПК	Hermle C 800	177607,5	0,74	1	0,74
085	Зубошліфув.	5B833	565633,8	2,35	3	0,78
090	Круглошліфув.	3M131	183000	0,76	1	0,76
095	Круглошліфув.	3M131	176400	0,73	1	0,73
	Всього:			15,88	20	0,79

Будуємо графік завантаження обладнання (рисунок 3.1).

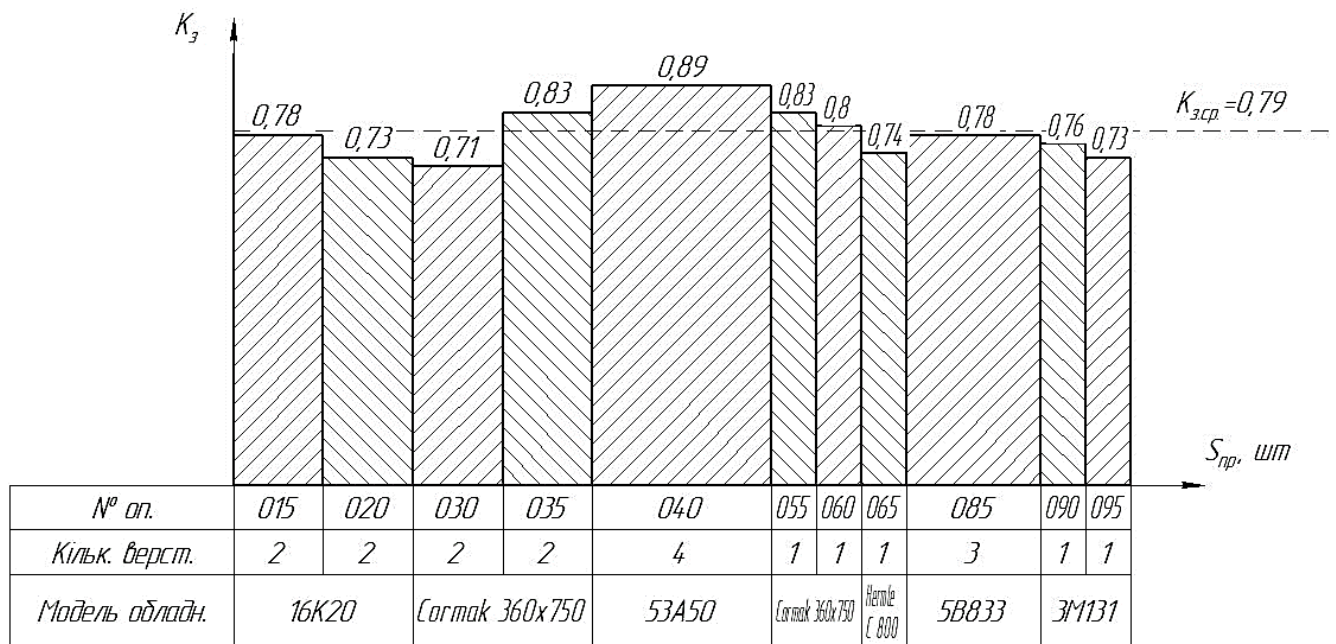


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

3.2 Визначення чисельності основних виробничих робітників

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

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

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

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

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

Перевіряємо можливість застосування багатостанкового обслуговування для операцій з ЧПК:

Оп.030: $0,42 \geq 0,22 + 0,2 = 0,42$ – умова виконується;

Оп.035: $0,53 \leq 0,51 + 0,2 = 0,71$ – умова не виконується;

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

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

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

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

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

Число операторів в зоні багатостанкового 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;

$$m_{s \text{ 030}} = \frac{0,65}{0,22 + 0,2} \approx 2 \text{ верстата}$$

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

Оператори з ЧПК (оп.030, 035, 055, 060, 065):

$$R_{\text{оп.чпк.}} = \frac{1309225}{2004 \cdot 60} = 11 \text{ чол.}$$

Токарі (оп.015, 020):

$$R_{\text{ток.}} = \frac{727870}{2004 \cdot 60} = 6 \text{ чол.}$$

Зубофрезерувальники (оп.040):

$$R_{\text{д.}} = \frac{857111}{2004 \cdot 60} = 7 \text{ чол.}$$

Шліфувальники (оп.085, 090, 095):

$$R_{\text{шл.}} = \frac{925034}{2004 \cdot 60} = 8 \text{ чол.}$$

Чисельність основних виробничих робітників на ділянці $\sum R = 33 \text{ чол.}$

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, $\Pi = 4000$ 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

$$S_a = 150 \cdot 4 = 600 \text{ грн}$$

$$S_b = 75 \cdot 4 = 300 \text{ грн}$$

$$q_a = 0,2 \cdot 600 = 120 \text{ грн}$$

$$q_b = 0,2 \cdot 300 = 60 \text{ грн}$$

Для підрахування заробітної плати робітника використовуємо формулу:

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

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

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

$$З_a = 1,01 \cdot 0,96 = 0,97 \text{ грн}$$

$$З_b = 1,59 \cdot 1,085 = 1,73 \text{ грн.}$$

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

$$C_a = 0,97 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{600}{4000} \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{120}{100}\right) = 3,14 \text{ грн}$$

$$C_b = 1,73 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{300}{4000} \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{60}{100}\right) = 5,31 \text{ грн}$$

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

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

$$P_k = \frac{(600 - 300) \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{120}{100}\right)}{(1,73 - 0,97) \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right)} \approx 290 \text{ шт.}$$

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

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Людина, що працює, проводить на виробництві значну частину свого життя. Тому для її нормальної життєдіяльності в умовах виробництва треба створити санітарні умови, які б дали змогу їй плідно працювати не перевтомлюючись та зберігаючи своє здоров'я. Для цього треба, щоб енергетичні витрати при праці компенсувалися відпочинком та умовами оточуючого середовища. Ці умови створюються забезпеченням для працюючого:

- зручного робочого місця;
- чистого повітря, необхідного для нормальної життєдіяльності;
- захисту від дії шкідливих речовин та випромінювань, що можуть потрапити в робочу зону;
- нормованої освітленості;
- захисту від шуму та вібрацій;
- засобами безпеки при роботі з травмонебезпечним обладнанням;
- робочим одягом та різними засобами індивідуального захисту (за необхідності);
- побутовими приміщеннями та спеціальними службами, що призначені створювати безпечні та нормальні санітарні умови праці;
- медичного обслуговування та санітарно-профілактичними заходами, що призначені для збереження здоров'я, [18].

Параметри повітря у виробничих приміщеннях повинні відповідати санітарним нормам та ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ "Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони", [18].

Санітарні вимоги до забруднення повітря робочої зони, випромінювань, освітленості, забезпечення спецодягом та засобами індивідуального захисту, забезпечення побутовими приміщеннями та спеціальними службами, що створюють нормальні умови для праці та інші відомості наводяться в нормативних документах, ГОСТах, ДНАОПах, санітарних нормах, будівельних нормах та

правилах та інших нормативних документах, що обов'язкові для виконання всіма підприємствами, установами та організаціями України, [18].

Людина під час праці витрачає енергію, яку накопичив її організм за рахунок харчування. Інтенсивність витрат енергії залежить від характеру та інтенсивності праці, а також від параметрів оточуючого середовища і, в першу чергу, від стану повітря в приміщенні. Стан повітря робочої зони в виробничому приміщенні називають мікрокліматом або метеорологічними умовами, [18].

Мікроклімат або метеорологічні умови виробничих приміщень визначаються за такими параметрами:

- температурою повітря в приміщенні, С;
- відносною вологістю повітря, %;
- рухливістю повітря, м/с;
- тепловим випромінюванням, Вт/м³, [18].

Всі ці параметри поодиночі, а також у комплексі впливають на фізіологічну функцію організму його терморегуляцію і визначають самопочуття. Температура людського тіла повинна залишатися постійною у межах 36-37°C незалежно від умов праці, [18].

Тому при зміні зовнішніх умов середовища терморегуляція в організмі людини відбувається за рахунок посилення або послаблення фізіологічних процесів, що обумовлюють теплоутворення в організмі, а також впливають на тепловіддачу тіла людини в оточуюче середовище. Тепло відводиться від тіла людини випромінюванням, конвекцією та випаровуванням вологи. При температурі повітря нижчої за температуру шкіри людини втрати тепла організмом відбуваються, переважно, за рахунок конвекційного і радіаційного переносу тепла. Якщо температура поверхні тіла дорівнює температурі оточуючого повітря або вища за неї, то тепловтрати тіла відбуваються лише за рахунок випаровування вологи, [18].

Вологість повітря впливає на теплообмін, переважно, на віддачу тепла випаровуванням. Середній рівень відносної вологості 40-60% відповідає умовам метеорологічного комфорту при спокої, або при дуже легкій фізичній праці, [18].

На конвективний теплоперенос впливає різниця між температурою шкіри людини і оточуючого людину повітря, а також стан шкіри та швидкість переміщення повітря вздовж поверхні шкіри, тобто рухливість повітря. З деякими припущеннями можна говорити, що радіаційний тепловий потік відводить тепло від тіла людини, якщо температура шкіри людини вища за температуру поверхонь обладнання і стін приміщення де працює людина, і нагріває тіло людини, якщо температура цих поверхонь вища за температуру шкіри людини, [18].

Променева енергія не поглинається оточуючим повітрям, а перетворюється в теплову енергію в поверхневих шарах опроміненого тіла. Потік теплових випромінювань складається, головним чином, із інфрачервоних променів. Передача тепла тепловою радіацією (тепловипромінюванням) залежить від температури по-верхні та ступенем її чорноти: темні шорсткі поверхні випромінюють тепла більше ніж гладкі блискучі. Від температури повітря передача теплоти випромінюванням не залежить. Інтенсивність праці (важкість праці) обумовлюється теплотворенням в організмі людини, [18].

Кількість тепла, що виробляє людський організм змінюється від 40-50 кДж/хв в стані покою до 3340 кДж/хв при виконанні важкої роботи. Нормальне теплове самопочуття виникає при умові, що тепловиділення повністю сприймаються оточуючим середовищем, тобто має місце тепловий баланс, [18].

Здатність організму людини змінювати температуру шкіри (під одягом її середня температура 30-34°C, а на окремих відкритих ділянках вона може знижуватись до 20°C і нижче), а також зволожуватися за рахунок дії потових залоз, забезпечує регулювання теплообміну між тілом людини і оточуючим середовищем. Ця здатність організму і є терморегуляцією. При температурі повітря більше 30°C порушується терморегуляція організму, що може привести до його перегріву. Підвищується температура тіла, настає слабкість, головний біль, шум у голові. Як наслідок, може статися тепловий удар якщо роботи проводяться на ділянці, що опромінюється сонцем, або іншим джерелом тепла, [18].

Робота при високій температурі повітря (~ 31°C) при воло-гості 80-90% призводить до зниження працездатності на 60% після 5 годин безперервної праці.

При низьких температурах повітря може статися місцеве, або загальне охолодження організму, що веде до захворювання. Переохолодження супроводжується зниженням працездатності. Зниження відносної вологості до 25% і нижче погіршує захисні функції верхніх дихальних шляхів, [18].

Впливає на людину також рухливість повітря. Людина відчуває дію повітря вже при швидкості руху 0,1 м/с. Переміщуючись вдовж шкіри людини, повітря здуває насичений водяною парою і перегрітий шар повітря, що обволікає людину, і тим самим сприяє покращенню самопочуття. При великих швидкостях повітря і низькій його температурі зростають втрати тепла конвекцією, що веде до переохолодження організму людини. Погіршення метеорологічних умов виробничого середовища, параметри яких комплексно впливають на стан самопочуття людини, призводять до пропорційного зниження працездатності, [18].

Мікроклімат виробничих приміщень нормується в залежності від теплових характеристик виробничого приміщення, категорії робіт по важкості і періоду року. Основні нормативні документи, де наводяться норми мікроклімату, це санітарні норми та стандарти безпеки праці, [18].

Оптимальні мікрокліматичні умови це такі параметри мікроклімату, які при тривалому і систематичному впливі на людину забезпечують нормальний тепловий стан організму без на-пруги і порушення механізмів терморегуляції, [18].

Вони створюють відчуття теплового комфорту і забезпечують передумови для високого рівня працездатності. Нормуються в залежності від категорії робіт по важкості (табл.5.1) та періоду року, [18].

Найбільш частими причинами відхилення параметрів мікроклімату від нормативних є надходження надлишкового тепла в повітря виробничого приміщення, або водяної пари від працюю-чого обладнання чи інших джерел випаровування, [18].

Таблиця 5.1 - Класифікація робіт за важкістю та енерговитратами (ГОСТ 12.1.005-88)

Категорія робіт	Характеристика робіт	Енерговитрати
1 - легка	роботи, що виконуються сидячи, стоячи, або пов'язані з ходьбою, але не потребують систематичного напруження або піднімання та перенесення вантажів	до 150 ккал/рік (174 Дж/с)
IIa - середньої важкості	роботи, що виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходьбою, але не потребують перенесення вантажів	від 151 до 200 ккал/рік (175-232 Дж/с)
IIб	роботи, пов'язані з ходьбою і перенесенням вантажів вагою до 10 кг	від 201 до 250 ккал/рік (233-290 Дж/с)
III важка	роботи, пов'язані з перенесенням вантажів вагою понад 10 кг і систематичним напруженням	більше 250 ккал/рік (290 Дж/с)

Заходи захисту від тепловипромінювань можна поділити на чотири групи:

- а) усунення джерела тепла;
- б) захищення від тепловипромінювання;
- в) полегшення тепловіддачі від тіла людини в оточуюче середовище;
- г) індивідуальний захист від теплового впливу, [18].

Усунути джерело тепловиділення можна зміною технологічно-го процесу, наприклад заміною пічного обігріву на електричний, заміною розмірів тепловипромінюючих поверхонь та ін. Захистити виробниче середовище від надмірного радіаційного та конвективного тепла, що поступає від нагрітих поверхонь обладнання можна за рахунок теплоізоляції цих поверхонь. В

приміщеннях, де є можливість ураження людини електричним струмом і температура-повітря досягає 30°C і вище (приміщення особливо небезпечні і підвищеної небезпеки по класифікації Правила будови електроустановок - ПБЕ), температура на поверхні теплоізоляції не до-пускається більше 45°C . З точки зору техніки безпеки, щоб уникнути опіків людини, температура гарячих поверхонь у виробничій зоні дії працюючих не повинна перевищувати 45°C , [18].

Захист від прямої дії теплового випромінювання здійснюється екрануванням встановленням термічного опору на шляху теплового потоку. Екрани досить різноманітні, за принципом дії бувають поглинаючими і відбиваючими променеве тепло. Вони можуть бути стаціонарними і пересувними. Екрани захищають людину не тільки від теплових променів, а й оберігають від дії іскор і розжарених та гарячих бризок, виплесків рідин та викидів шлаків та окалини, [18].

Для зменшення вологості в виробничих приміщеннях слід уникати технологічних процесів, де є відкриті поверхні рідин з яких вона випаровується. Технологічне обладнання повинно бути герметизоване, а для видалення пари обладнане витяжками. Як засіб видалення вологи із повітря приміщення використовується вентиляція. В приміщеннях, де діють оптимальні норми мікроклімату, слід встановлювати апарати для кондиціонування повітря, [18].

Полегшенню тепловіддачі від тіла людини сприяє підвищення швидкості руху повітря, що омиває тіло. Здійснюється це за допомогою вентиляційних систем, [18].

При необхідності виконання робіт в зоні підвищеної температура-тури повітря або в гарячих реактивних зонах обладнання (ремонт топочних камер, котлів, печів, сушарок та ін.) користуються засобами індивідуального захисту від інфрачервоних випромінювань термозахисним одягом, ізолюючими апаратами органів дихання, спеціальними рукавичками, касками та ін., [18].

ВИСНОВКИ

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

Під час виконання дипломного проєкту було порівняно два метода отримання заготовки з економічним обґрунтуванням та остаточно прийнятий варіант - штампування на КГШП. Було розроблено план обробки деталі з розрахунками уточнень поверхонь, розраховані припуски, визначено операційні розміри по переходам. На операції визначено режими різання та нормування.

Для фрезерування шпонкового пазу було розроблено пневматичне пристосування. Для контролю перпендикулярності було спроектовано контрольне пристосування.

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

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

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Електронний ресурс: https://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=158
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. Ю.М. Лахтіна, О. Г. Рахштадта. – Машинобудування, 1980. 783 с.;
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. Нефьодов 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. Ансер М.А. Пристосування для металорізальних верстатів/М.А. Ансерів. - 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. Гандзюк М. П., Желібо Є. П., Халімовський М. О. Основи охорони праці: Підруч для студ вищих навч закладів За ред М П Гандзюка К Каравела, 2004 - 408 с

ДОДАТОК А

Специфікація робочого пристосування

ДОДАТОК Б
Керуюча програма

```
TOOL PATH/FLOOR_FACING,TOOL,MILL
TLDDATA/MILL,8.0000,0.0000,75.0000,0.0000,0.0000
MSYS/-105.8650,-82.9039,0.0000,-1.0000000,0.0000000,0.0000000,0.0000000,0.0000000,-
1.0000000
$$ centerline data
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,10
LOAD/TOOL,0,ADJUST,1
PAINT/COLOR,186
RAPID
GOTO/19.1350,-2.0000,-55.3539,0.0000000,0.0000000,1.0000000
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/19.1350,-2.0000,-71.4039
PAINT/COLOR,42
FEDRAT/MMPM,250.0000
GOTO/19.1350,-2.0000,-74.4039
GOTO/18.1350,-2.0000,-74.4039
CIRCLE/16.1350,-2.0000,-74.4039,0.0000000,0.0000000,-
1.0000000,2.0000,0.0600,0.5000,8.0000,0.0000
GOTO/16.1350,0.0000,-74.4039
PAINT/COLOR,31
GOTO/-13.8680,0.0000,-74.4039
PAINT/COLOR,37
GOTO/-13.8680,0.0000,-71.4039
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/-13.8680,0.0000,-55.3539
PAINT/SPEED,10
PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH
```

ДОДАТОК В
Технологічні карти

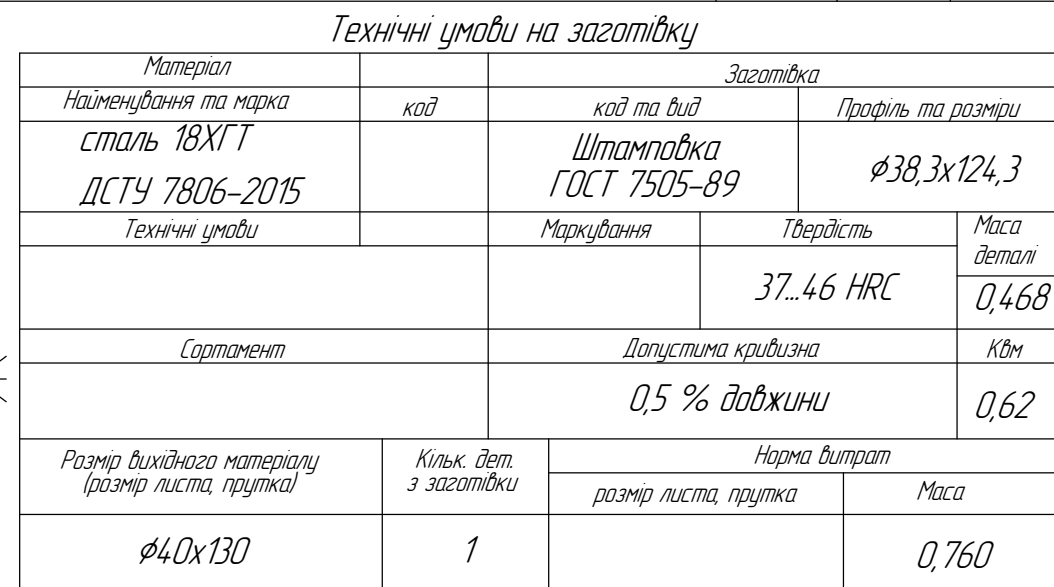
[illegible]

[illegible]

										НУЗП 0214.1.002					3				
										НУЗП 71524.1.002					М-112.1014.1.000001				
Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тп.з	Тшт			
К/М	Наименование детали, сд. единицы или материала					Обозначение, код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Красх.				
А 01				060	4233	Токарна з ЧПК					ЮП №10								
Б 02	XXXXXX	Согтак 360х750					1	15292	422	1Р	1	1	1	32	1	27	0,40		
03																			
А 04				065	4234	Фрезерна з ЧПК					ЮП №10								
Б 05	XXXXXX	Фрезерний з ЧПК Hermle C 800					1	15292	422	1Р	1	1	1	32	1	26	0,2		
06																			
А 07				070	0108	Слюсарна					ЮП №10								
Б 08	XXXXXX	Слюсарний верстак					3	17474	422	1Р	1	1	1	32	1				
09																			
А 10				075	XXXX	Хіміко-термічна (цементация)					ЮП №XX								
Б 11	XXXXXX	Вана гальванічна					3	XXXXX	322	1Р	1	1	1	32	1				
12																			
А 13				080	5000	Термічна (гарт, відпустка)					ЮП №10								
Б 14	344210	Пічь електрична					3	19100	422	1Р	1	1	1	32	1				
15																			
А 16				085	4151	Зубошліфувальна					ЮП №74								
Б 17	381572	Зубошліфувальний 5В833					1	12290	522	1Р	1	1	1	32	1	33	2,62		
МК																			

[illegible]

						НУЗП 0214.1.002	1	1
Розроб.	Даниленко В.В.			НУЗП	НУЗП 71524.1.002			
Перевірив	Степанов Д.М.							
				Вал-шестерня				005
Н.контр.	Дядя С.І.							



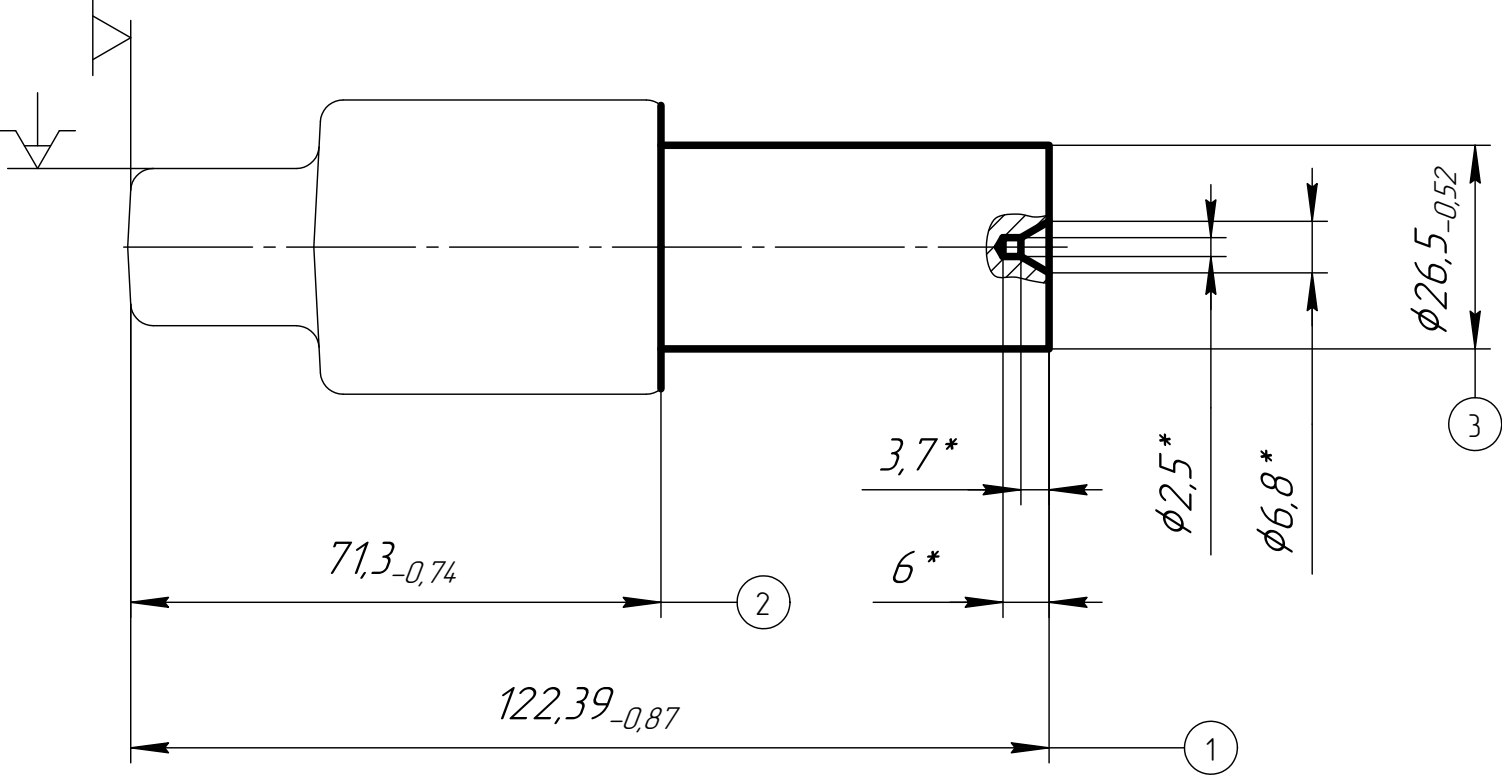
1. Заготівка – штамповка. Група контролю III по ОСТ 1 90074–72.
2. 37...46 HRC
3. Невказані радіуси округлень R3
4. Невказані штампувальні нахили 3°
5. Зміщення штампів не більше 0,4 мм

[illegible]

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

						НУЗП 0214.1.002		1		1	
Розроб.	Даниленко В.В.			НУЗП		НУЗП 71524.1.002		М-112.2014.1.00015			
Перевір.	Степанов Д.М.										
						Вал-шестерня					015
Н. контр.	Дядя С.І.										

▽ Ra 6,3



* – Розмір забезпечується інструментом

КЕ			
----	--	--	--

[illegible]

[illegible]

Technical drawing of a mechanical part, showing a side view and a cross-section A-A.

Side View Dimensions:

- Overall length: $\phi 17,139^*$
- Internal diameter: $\phi 25,148^*$
- Section line A-A is indicated.

Cross-section A-A Dimensions:

- Outer diameter: $8^{+0,036}$
- Inner diameter: $21_{-0,2}$
- Length of the section: $30^{+0,21}$
- Section line A-A is indicated.

Notes:

- * - Розміри для довідок

[illegible]

;

090

 *Ra 0,80*



 KE

[illegible]