

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії

Кафедра машинознавства та обладнання промислових підприємств

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної роботи

освітньо-кваліфікаційного рівня *бакалавр*

спеціальності *131 Прикладна механіка*

на тему «**Розробка технології виготовлення деталі “вал - шестірня”
приводу насоса з річною програмою 12 тисяч штук**»

Виконав: студент групи ТМ – 16д

Зозуля Д.К.

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Керівник Шевченко О.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Завідувач кафедри Созонтов В.Г.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент Сергієнко О.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Сєверодонецьк – 2020

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота за темою: «Розробка технології виготовлення деталі «вал - шестірня» приводу насоса з річною програмою 12 тис. шт.»: 59 с., 9 табл., 14 рис., 12 джерел.

ВАЛ-ШЕСТИРНЯ, ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ, РОЗМІРНИЙ АНАЛІЗ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, ОПЕРАЦІЇ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ.

Об'єкт проектування – технологічний процес механічної обробки деталі «Вал-шестірня» приводу насоса з річною програмою 12000 штук.

Метою дипломної роботи є розробка технологічного процесу виготовлення деталі вал-шестірня приводу насоса.

В технологічному розділі роботи виконано аналіз конструкції деталі, проведено аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі вал-шестірня, проведено обґрунтування методу отримання заготовки, розраховані міжопераційні припуски і проведений розрахунок режимів різання.

В конструкторському розділі роботи спроектовано і розраховано спеціальне верстатне пристосування для встановлення і закріплення деталі, також встановлено спеціальний різальний інструмент. Крім того, розроблена програма, що дозволяє керувати верстатом з ЧПУ.

В організаційному розділі виконано технічне нормування верстатних операцій, а також представлені основні вимоги до організації робочого місця верстатника.

В останньому розділі роботи розглядаються питання щодо охорони праці верстатника до, під час та після виконання механічної обробки деталі «Вал-шестірня» з використанням металообробних верстатів на підприємстві.

ЗМІСТ

	стор.
СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	5
ВСТУП	6
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Конструкторсько-технологічний аналіз вузла, складовою частиною якого є «Вал-шестірня» приводу насоса	7
1.2 Оцінка технологічності деталі	8
1.3 Визначення типу виробництва	12
1.4 Аналіз базового технологічного процесу	14
1.5 Вибір заходів по оптимізації базового технологічного процесу	15
1.6 Вибір типу заготовки	16
1.7 Призначення технологічних баз і оцінка точності базування	18
1.8 Розробка плану обробки і маршруту операцій технологічного процесу обробки деталі "Вал-шестерня приводу насоса»	20
1.9 Вибір моделей устаткування	23
1.10 Аналітичний розрахунок технологічних параметрів	25
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	35
2.1 Методика розрахунку зусилля закріплення деталі	35
2.2 Розрахунок зусилля затискання заготовки та зусилля на приводі	39
2.3 Автоматичне проектування технологічного процесу виготовлення деталі або засобів технологічного оснащення	43
2.3.1 Використання САЕ систем для вирішення технологічних задач	43
2.3.2 Проектування операційної технології з розробкою керуючих програм і віртуальним моделюванням обробки для верстатів з ЧПУ в САПР	44

	4
3 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА	48
3.1 Розрахунок кількості технологічного обладнання і графіка завантаження верстатів	48
3.2 Обґрунтування запропонованих в роботі технологічних рішень	50
3.3 Організація робочого місця верстатника	50
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	53
ВИСНОВКИ	56
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	57
ДОДАТКИ	59

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

- $K_{у.е}$ - коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі;
- $K_{в.м.}$ - коефіцієнт використання матеріалу;
- m_d - маса деталі, кг;
- $m_з$ - маса заготовки, кг;
- $K_{т.ч.}$ - коефіцієнт точності обробки;
- $K_{з.о.}$ - коефіцієнт закріплення операцій;
- σ_B - межа міцності;
- s - подача, в мм / об;
- $N_{різ}$ - потужність різання;
- P_z - сила різання;
- $N_{дв}$ - потужність двигуна, в кВт.;
- η - К.К.Д. верстата;
- t - глибина різання в мм;
- S - подача в мм / об;
- Q - сила закріплення;
- ω - економічна точність обробки;
- C_m - поправочний коефіцієнт, що враховує вид матеріалу заготовки;
- ΔW - мінливість сили затиску;
- $T_{шт}$ - штучний час обробки одного виробу на i -ої операції, станко-год.;
- $N_{пр}$ - річна програма випуску виробів, шт.

ВСТУП

Науково-технічний прогрес в машинобудуванні в значній мірі визначає розвиток і вдосконалення технологій, застосовуваних у виробництві по всій країні. Найважливішими умовами прискорення науково-технічного прогресу є зростання продуктивності праці, підвищення ефективності виробництва і поліпшення якості продукції.

Удосконалення технологічних методів виготовлення продукції є першочерговим завданням в галузі машинобудування. Якість деталей і машин, надійність, довговічність і економічність експлуатації залежать не тільки від досконалості конструкції, але і від технології виробництва. Застосування сучасних високопродуктивних методів обробки, що забезпечують високу якість поверхонь деталей, ефективне використання верстатів з ЧПУ, розробка технологічної документації та автоматизація розрахунків за допомогою комп'ютерних систем, використання застосування прогресивних форм організації і економіки виробничих процесів - все це спрямовано на вирішення головних завдань: підвищення ефективності виробництва і якості продукції.

Метою дипломної роботи є проектування технологічного процесу виготовлення деталі вал-шестерня приводу насоса.

Завдання дипломної роботи:

- провести аналіз конструкції деталі, з розрахунком технологічності конструкції деталі, розмірний аналіз креслення деталі, визначення типу виробництва;
- розробити проектний варіант технологічного процесу виготовлення деталі, з розрахунком припусків на обробку, режимів різання і норм часу;
- спроектувати спеціальне верстатне пристосування, зробити силовий розрахунок пристосування і визначити точність одержуваних розмірів;
- розробити керуючу програму для верстатів з ЧПУ.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Конструкторсько-технологічний аналіз вузла, складовою частиною якого є «Вал-шестірня» приводу насоса

Деталь «Вал-шестірня» приводу насоса є складовою частиною роторного насоса і служить для передачі обертального руху на ротор.

У насосах роторного типу переміщення середовища, що здійснюється шляхом послідовного заповнення робочої камери середовищем з подальшим її витісненням, що відбувається за рахунок обертового або обертально-поступального руху робочого органу - ротора, розрізняється по конструкції в залежності від виду роторного насоса. Незважаючи на наявність обертового робочого органу, роторні насоси принципово відрізняються від більшості динамічних насосів, так як ставляться до об'ємних насосів і мають інший спосіб переміщення рідини.

Вал-шестірня приводу насоса є відповідальною деталлю. Міцність валу визначає механічну надійність машини в експлуатації. Прямолінійність і міцність вала залежать не тільки від правильного розрахунку і вибору конструктивних розмірів, але і від технологічних процесів обробки вала і зборки посаджених на нього деталей.

Даний вал має форму ступеневої циліндра з зубчастими колесами з посадкою деталей по системі отвору. З метою зниження обробки слід прагнути до зменшення числа ступенів. Вал має 2 ступені з підвищеною точністю обробки по 6-му квалітету для посадки підшипників. Конструкція вала передбачає два шпонкових паза під посадку зубчастих коліс, які передають крутний момент. Також на валу є два центрових отвори, за допомогою яких вал надійно фіксується в пристосуванні, і обробка проходить із заданою точністю. Є також і шліци, виконані по 5-му квалітету.

Даний вал-шестірня виготовлений зі сталі 40Х (властивості і хімічний склад представлені в таблиці 1.1 і 1.2 [7]) і має ряд відповідальних поверхонь, до яких пред'являються жорсткі і високі вимоги при виготовленні.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 40Х ГОСТ 4543-71,%

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	До 0,3	До 0,035	До 0,035	0,8-1,1	До 0,3

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 40Х ГОСТ 4543-71

σ_m , МПа	σ_b , МПа	δ , %	Ψ , %	КСУ, Дж/м ²	НВ (не більше)
780	980	10	45	59	248

1.2 Оцінка технологічності деталі

Технологічність конструкції деталі має прямий зв'язок з продуктивністю праці, витратами часу на технологічну підготовку виробництва і виготовлення виробу. Тому перед проектуванням технологічного процесу виготовлення деталі необхідно провести аналіз технологічності її конструкції. Мета такого аналізу - виявлення недоліків конструкції за відомостями, що містяться в кресленнях і технічних вимогах, а також можливостей поліпшення технологічності розглянутій конструкції.

В процесі виготовлення деталі заготовка піддається складній обробці. Для забезпечення точності обробки та зниження вартості обробки заготівля повинна бути досить високої якості. Деталь має складну конфігурацію, однак це виправдано конструктивним призначенням. Деталь «вал-шестерня приводу насоса» має достатню жорсткість при своїх діаметрах і довжині для використання звичайних методів обробки, що дозволяє використовувати звичайні пристосування для її установки і закріплення.

Щодо технологічності конструкції деталі можна висловити наступні міркування. На підставі наявного робочого креслення деталі, умов роботи даної деталі в конструкції, а також з урахуванням того, що конструкція деталі досить добре відпрацьована в умовах поточного виробництва, недоцільно проводити заміну

матеріалу, так як наявний повністю задовольняє вимогам за міцністю, властивостям і оброблюваності.

Зовнішні поверхні деталі можуть бути використані в якості настановних або опорних баз при механічній обробці.

Всі інші ділянки деталі є легкодоступними для обробки і, отже, дозволяють виробляти їх обробку гострінням, фрезеруванням, свердлінням, шліфуванням і т.п. Робочі поверхні деталі представлені на рис. 1.1.

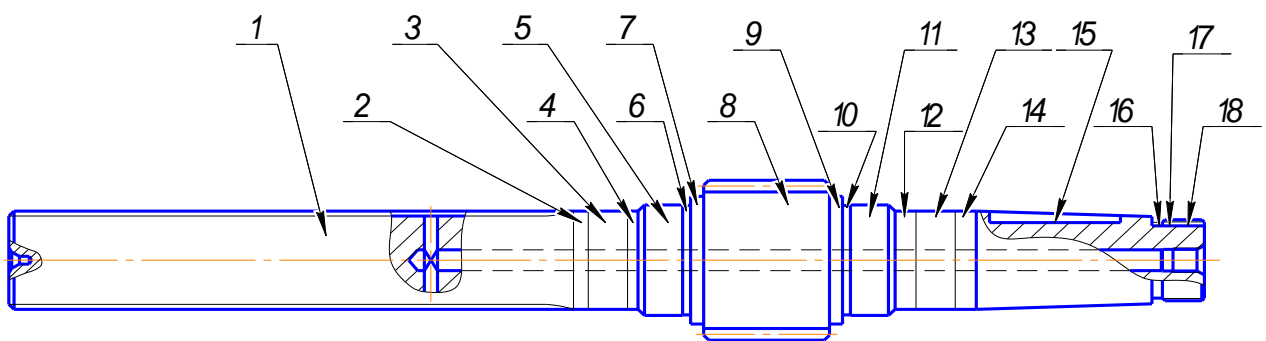


Рисунок 1.1 - Робочі поверхні деталі

Технічні вимоги до деталі містять всю необхідну інформацію, що стосується службового призначення деталі і відомості відносяться безпосередньо до креслення. Це дозволяє зробити висновок, що технічні умови до деталі були ґрунтовно опрацьовані конструктором і відповідають вимогам, що пред'являються до деталі.

Конструкція деталі забезпечує можливість застосування типових і стандартних технологічних процесів її виготовлення:

- поверхня 1 виконана зі шліцевим пазом;
- поверхня 2 є несучою, тому жорстких вимог до неї не пред'являється;
- поверхня 3 використовується для зовнішнього контакту з внутрішньою поверхнею манжети. Тому до неї висуваються жорсткі вимоги. Поверхня полірується до досягнення шорсткості $Ra\ 0,32\ \mu\text{m}$;
- поверхня 4 є несучою, тому жорстких вимог до неї не пред'являється;

- поверхня 5 також є несучою і призначена для посадки підшипника. Тому до неї висуваються жорсткі вимоги. Поверхня шліфується до досягнення шорсткості Ra 1,25 мкм;
- поверхня 6 виконана у вигляді канавки, яка потрібна для виведення шліфувального кола. Жорстких до неї пред'являти недоцільно;
- поверхня 7 є несучою і пред'являти жорсткі вимоги до неї не потрібно;
- бічні сторони зубів беруть участь в роботі і визначають, як довговічність вузла, так і його гучність, тому до бічних сторін зубів і їх взаємному розташуванню пред'являють ряд вимог як за точністю розташування, так і за якістю поверхні (Ra 2,5 мкм);
- поверхня 9 є несучою і пред'являти жорсткі вимоги до неї не потрібно;
- поверхня 10 Виконана у вигляді канавки, яка потрібна для виведення шліфувального круга. Жорстких вимог до неї пред'являти недоцільно;
- поверхня 11 є несучою і призначена для посадки підшипника. Тому до неї висуваються жорсткі вимоги. Поверхня шліфується до досягнення шорсткості Ra 1,25 мкм;
- поверхня 12 є несучою, тому жорстких вимог до неї не пред'являється;
- поверхня 13 використовується для контакту з внутрішньою поверхнею манжети. Тому до неї висуваються жорсткі вимоги. Поверхня полірується до досягнення шорсткості Ra 0,32 мкм;
- поверхня 14 є несучою, тому жорстких вимог до неї не пред'являється;
- поверхня 15 представлена у вигляді паза, який призначений для передачі крутного моменту від валу-шестерні до ремінному шківу Rz 20 мкм;
- поверхня 16 представлена канавкою, яка служить для виведення різця для нарізання різби;
- поверхня 17 виконана у вигляді паза для посадки стопорною шайби Rz 40 мкм;
- поверхня 18 являє собою різьблення під гайку, яка служить для стиснуті шківу Ra 2,5 мкм.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі визначається за формулою (1.1):

$$K_{y.e} = \frac{Q_{y.e}}{Q_e}, \quad (1.1)$$

де $Q_{y.e}$ - число уніфікованих конструктивних елементів деталі, шт.;

Q_e - загальне число конструктивних елементів деталі, шт.

$$K_{y.e} = 52/58 = 0,896.$$

Деталь технологічна, так як значення показника отриманого коефіцієнта уніфікації більше 0,65, що за коефіцієнтом технологічності деталі задовольняє вимогам.

Коефіцієнт використання матеріалу визначається за формулою (1.2):

$$K_{в.м.} = \frac{m_d}{m_3}, \quad (1.2)$$

де m_d - маса деталі, кг;

m_3 - маса заготовки, кг.

$$K_{в.м.} = 4,7/6,23 = 0,75.$$

У великосерійному і масовому виробництві $K_m = 0,85 \dots 0,9$. Деталь технологічна, так як значення отриманого показника коефіцієнта використання матеріалу задовольняє вимогам.

Коефіцієнт точності обробки визначається за формулою (1.3):

$$K_{т.ч} = 1 - \left(\frac{1}{A_{cp}} \right), \quad (1.3)$$

де A_{cp} - середній квалітет точності.

$$K_{т.ч} = 1 - \left(\frac{1}{3,2} \right) = 0,687.$$

Середній квалітет точності визначається за формулою (1.4):

$$A_{cp} = \frac{\sum An_i}{\sum n_i} \quad (1.4)$$

$$A_{cp} = \frac{(11 \cdot 3 + 15 + 13 \cdot 2 + 9 \cdot 7 + 7 \cdot 3 + 12 + 8 + 6)}{58} = 3,2.$$

Деталь нетехнологічна, так як значення показника більше 0,8. За коефіцієнтом технологічності деталі не задовольняє вимогам.

Виходячи з проведених розрахунків можна зробити висновок, що деталь технологічна по коефіцієнту уніфікації і за коефіцієнтом використання матеріалу, але не технологічна за коефіцієнтом точності обробки.

1.3 Визначення типу виробництва

Класифікаційної категорією виробничого процесу є тип виробництва. Він визначається широтою номенклатури, регулярністю, стабільністю та обсягом випуску продукції.

Тип виробництва вибираємо попередньо, виходячи з маси деталі $m = 4,6$ кг і річної програми випуску деталей $B = 9000$ шт.

Багатосерійне виробництво передбачає більш широке застосування механізації і автоматизації виробничих процесів. Коефіцієнт закріплення операцій при багатосерійному виробництві $K_{з.о} = 1-10$.

Багатосерійне виробництво характеризується широкою номенклатурою виробів, що виготовляються або ремонтуються періодично повторюваними невеликими партіями, і порівняно невеликим обсягом випуску.

В цьому випадку для нового технологічного процесу розраховуємо необхідну кількість обладнання за операціями

Визначаємо кількість верстатів за формулою (1.5):

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт(шт-к)}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з,н}}, \quad (1.5)$$

де N – річна програма, шт.;

$T_{шт(шт-к)}$ – штучне або штучно-калькуляційний час;

F_d – дійсний фонд часу, год.; $F_d = 4029$ год.;

$\eta_{з,н}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання; $\eta_{з,н} = 0,85$.

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця обчислюється за формулою.

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця і кількість операцій, що виконуються на робочому місці.

$$\eta_{з,ф} = \frac{m_p}{P}, \quad (1.6)$$

де P – прийнята кількість верстатів.

Кількість операцій, що виконуються на робочому місці, визначається за формулою (1.7):

$$O = \frac{\eta_{з,н}}{\eta_{з,ф}}, \quad (1.7)$$

Сумарне число операцій $\Sigma O = 83,7$.

Визначимо коефіцієнт закріплення операцій за формулою:

$$K_{з,о} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P}, \quad (1.8)$$

де P – прийнята кількість верстатів.

$$K_{3.0} = \frac{83,7}{11} = 7,6.$$

Розраховані значення для всіх операцій заносимо в зведену таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 - Розрахункові дані для уточнення типу виробництва

Операція	$T_{шт}$, хв.	m_p	P	$\eta_{з.ф}$	O
1	2	3	4	5	6
Фрезерно-центрувальна	1,50	0,070	1	0,070	12,2
Токарська	1,47	0,068	1	0,068	12,4
Токарська	1,04	0,049	1	0,049	17,5
Токарська зі ЧПУ	3,86	0,180	1	0,180	4,7
Токарська зі ЧПУ	1,86	0,087	1	0,087	9,8
Шпоночно-фрезерна	2,97	0,138	1	0,138	6,1
Шліцефрезерна	2,59	0,121	1	0,121	7,0
Зубофрезерна	4,12	1,123	1	1,123	0,8
Круглошліфувальна	3,10	0,144	1	0,144	5,9
Токарно-гвинторізна	1,11	0,144	1	0,144	5,9
Зубошліфувальна	3,30	0,619	1	0,619	1,4
Вигладжування	3,01	0,53	1	0,35	1,78
Разом			11		83,7

Згідно ГОСТ 3.1121-84 коефіцієнту закріплення операцій $K_{3.0} = 7,6$ відповідає великосерійне виробництво ($K_{3.0} = 1...10$).

1.4 Аналіз базового технологічного процесу

Аналіз заводського технологічного процесу виготовлення «Вал-шестерні приводу насоса» дозволяє виявити недоліки і переваги, властиві даного технологічного процесу.

Заводський технологічний процес розроблений з урахуванням особливостей середньосерійного виробництва, технічних вимог креслення і з урахуванням прийнятої заготовки - прокату.

В існуючому технологічному процесі передбачені всі необхідні чорнові і чистові операції для отримання деталі відповідно до вимог креслення по точності розмірів, розташування поверхонь і за параметрами шорсткості, а також всі необхідні операції розмічальні і слюсарні, що відповідає конкретно середньосерійному типу виробництва.

Устаткування для виготовлення деталі «вал-шестірня приводу насоса» вибрано невірно з урахуванням виду виконуваних робіт, габаритів деталі і необхідної точності з наявності верстатів існуючого механічного парку.

Відсутність спеціального верстатного пристосування для фрезерування пазів шпон деталі впливає на точність обробки деталі і збільшує час підготовки верстата.

Так само розташування верстатів на ділянці механічної обробки не відповідає ходу технологічного процесу обробки деталі «вал-шестерня приводу насоса», через що значна частина часу витрачалася на транспортування деталі між етапами обробки.

У маршрутних картах не вказано весь застосований нормалізоване ріжучий інструмент, що пояснюється специфікою даного підприємства.

1.5 Вибір заходів по оптимізації базового технологічного процесу

З метою оптимізації базового технологічного процесу виготовлення деталі «вал-шестерня приводу насоса» буде розроблена програма, що управляє для верстата з ЧПУ, що дозволить скоротити час механічної обробки деталі і дозволить оптимізувати витрати робочого часу на наладку верстатних пристосувань.

Для шпоночно-фрезерних операцій буде спроектовано спеціальне верстатне пристосування з використанням гідроциліндра, що дозволить скоротити час підготовки операції та підвищить якість оброблюваної деталі.

Так само буде розроблена супровідна документація, оформлена за вимогами ЕСТД. До того ж, буде проведений ряд поліпшень, які стосуються взаємного розташування обладнання на ділянці механічної обробки деталі.

1.6 Вибір типу заготовки

Головним при виборі заготовки є забезпечення заданої якості готової деталі при її мінімальній собівартості. Технологічні процеси отримання заготовок визначаються технологічними властивостями матеріалу, конструктивними формами і розмірами деталі, і програмою випуску.

Виходячи з конфігурації та параметрів оброблюваної деталі пропонується три варіанти отримання заготовки:

- прокат;
- кування.

Економічне обґрунтування полягає в порівнянні собівартості отримання заготовок.

Вартість заготовки з прокату визначається за формулою:

$$C_1 = M + \Sigma C_{\text{тех}}, \quad (1.9)$$

де M – витрати на матеріал заготовки, грн.;

$\Sigma C_{\text{тех}}$ – технологічна собівартість правки, калібрування, розрізання, грн.

Витрати на матеріал заготовки M , визначаються за формулою:

$$M = m_3 \cdot \frac{S}{1000} - (m_3 - m_d) \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000}, \quad (1.10)$$

де m_3 - маса заготовки, кг;

S - ціна 1т матеріалу заготовки, грн.;

m_d - маса готової деталі, кг;

S_v - ціна 1т відходів, грн.

$$M = 1,6 \cdot \frac{996753}{1000} - (13,9 - 4,7) \cdot \frac{99675}{1000} = 678(\text{грн.}).$$

Визначаємо технологічна собівартість $C_{\text{тех}}$, грн., за формулою (1.11):

$$C_{\text{тех}} = \frac{C_{\text{п.з.}} \cdot T_{\text{шт-к}}}{60}, \quad (1.11)$$

де $C_{\text{п.з.}}$ – приведені витрати на робочому місці, грн./год;

$T_{\text{шт-к}}$ – штучно-калькуляційний час виконання заготівельної операції, хв.

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{L_{\text{різ}} + l_1 + l_2}{S_M} \cdot i, \quad (1.12)$$

де $L_{\text{різ}}$ – довжина різання при різанні прокату на штучні заготовки, мм;

$$L_{\text{різ}} = D = 70 \text{ мм};$$

$$l_1 + l_2 - \text{величина врізання и перебігу, мм; } l_1 + l_2 = 5\text{мм};$$

$$S_{\text{хв.}} - \text{хвилинна подача при розрізанні, мм / хв};$$

$$S_{\text{хв.}} = 60 \text{ мм/хв};$$

i – коефіцієнт, що показує частку допоміжного часу в штучному; $i = 1$.

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{70 + 5}{60} \cdot 1 = 1,25(\text{хв.}).$$

$$C_{\text{тех}} = \frac{1464 \cdot 1,25}{60} = 30,5 \text{ (грн./год.)}.$$

$$C_1 = 678 + 30,5 = 708,5(\text{грн.}).$$

Заготовка, що отримана куванням, обчислюється за формулою (1.13):

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{S}{1000} \cdot T_3 \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} \right) - (T_3 - T_d) \cdot \frac{S_{\text{отл}}}{1000}, \quad (1.13)$$

де K_T - коефіцієнт, що залежить від класу точності; $K_T = 1$;

K_C - коефіцієнт, що залежить від групи складності; $K_C = 1$;

K_B - коефіцієнт, що залежить від маси; $K_B = 1,1$;

K_M - коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу; $K_M = 1,08$;

K_{II} - коефіцієнт, що залежить від обсягу виробництва; $K_{II} = 0,8$.

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{132900}{1000} \cdot 6,226 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,08 \cdot 0,8 \right) - (6,226 - 4,7) \cdot \frac{9967}{1000} = 771,2 (\text{грн.}).$$

Економічний ефект $\Delta_{\text{заг}}$, грн., обчислюють за формулою (1.14):

$$\Delta_{\text{заг}} = (S_1 - S_2) \cdot N. \quad (1.14)$$

$$\Delta_{\text{заг}} = (1705 - 1856,8) \cdot 600 = -376,2 (\text{грн.}).$$

Виконані розрахунки підтверджують, що економічно доцільно, в умовах великосерійного виробництва, застосовувати в якості заготовки для деталі «Вал-шестірня приводу насоса» - прокат.

1.7 Призначення технологічних баз і оцінка точності базування

Для кожної операції призначаються технологічні бази, вибрані з урахуванням використовуваного обладнання при обробці деталі і прийнятого технологічного процесу для виготовлення вал-шестерні приводу насоса.

Вихідними даними для вибору баз є: креслення деталі з усіма необхідними вимогами, умови розташування і роботи деталі в машині. При виборі технологічних баз доцільно керуватися основними принципами. Скористаємося принципом суміщення баз, коли в якості технологічних баз приймають основні, тобто конструкторські бази, що використовуються для визначення положення деталі у виробі.

З раніше проаналізованого заводського технологічного процесу витікає, що для зменшення похибки обробки в багатьох операціях використовуються одні й ті ж базові поверхні, тобто дотримується принцип постійності баз, що суттєво знижує похибку і збільшує точність обробки.

Вибрані технологічні бази представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Вибір технологічних баз

№ операції Назва операції	Устаткування	Технологічні бази
1	2	3
005 Фрезерно - центрувальна	Фрезерно - центрувальний верстат 2Г942	Поверхні заготовки $\varnothing 70$, торець
010 Токарна	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Центрові отвори
015 Токарна	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Центрові отвори
025 Токарна з ЧПУ	Токарний верстат з ЧПУ 16К20Ф3	Центрові отвори
030 Токарна з ЧПУ	Токарний верстат з ЧПУ 16К20Ф3	Центрові отвори
035 Фрезерна	Фрезерний верстат 6Р13Ф3	Центрові отвори
040 Шліце-фрезерна	Фрезерний верстат 6Р13Ф3	Центрові отвори
045 Зубофрезерна	Фрезерний верстат 5В312	Центрові отвори
050 Токарна	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Поверхня $\varnothing 40$
060 Зубо- шевінгувальна	Шліфувальний верстат GearSpect SBO 340	Поверхня $\varnothing 40$

Продовження таблиці 1.4

1	2	3
065 Кругло-шліфувальна	Кругло шліфувальний верстат 3М151Ф2	Центрові отвори
070 Токарна	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Центровий отвір
075 Свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н150	Поверхня Ø40

Похибка установки ε_v при базуванні заготовки у трикулачковому патроні залежить від величини можливого її зміщення в момент додатка силового замикання. При чорновій токарній обробці деталь встановлюється в трикулачковий патрон, що самоцентрується; величини похибки установки слід визначити за формулою (1.15):

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{y.ос.}^2 + \varepsilon_{y.рад.}^2}, \quad (1.15)$$

де $\varepsilon_{y.ос.} = 130$ мкм – величина можливого зсуву заготовки в осьовому напрямку;

Величина можливого зсуву заготовки в радіальному напрямку:

$$\varepsilon_v = \sqrt{130^2 + 200^2} = 239(\text{мкм}).$$

Похибка установки на наступних переходах при базуванні заготовки в центрах приймається рівною нулю: $\varepsilon_{y2} = \varepsilon_{y3} = 0$.

1.8 Розробка плану обробки і маршруту операцій технологічного процесу обробки деталі «Вал-шестерня приводу насоса»

Технологічний процес виготовлення деталі «вал-шестерня приводу насоса» розроблений з урахуванням місця кожної операції в маршрутній технології. До моменту проектування кожної операції відомо, які поверхні і з якою точністю

обробляються на попередніх операціях, які поверхні і з якою точністю потрібно обробляти на даній операції.

Проаналізувавши конструкцію деталі на технологічність, визначивши тип виробництва і вибравши вид отримання заготовки, розробимо маршрут механічної обробки деталі «вал-шестерня приводу насоса».

Прийнятий технологічний процес обробки деталі представлений в таблиці 1.5

Таблиця 1.5 - Прийнятий маршрутний технологічний процес

№ операції Назва	Устаткування	Ріжучий інструмент	Технологічні бази
1	2	3	4
005 Фрезерно-центрувальна	Фрезерно-центрувальний верстат 2Г942	Фреза торцева Т15К6 ГОСТ 6396-78; свердло центрувальне Р6М5 ГОСТ 14952-75	Поверхні заготовки Ф70, торець
010 Токарна	Токарний верстат 16К20	Різець прохідний відігнутий Т15К6 ГОСТ 18881-73	Центрові отвори
015 Токарна	Токарний верстат 16К20	Різець прохідний відігнутий Т15К6 ГОСТ 18881-73	Центрові отвори
020 Термічна			
025 Токарна з ЧПУ	Токарний верстат з ЧПУ 16К20Ф3	Різець прохідний відігнутий Т15К6 ГОСТ 18881-73, різець канавковий ГОСТ 20872-80	Центрові отвори

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4
030 Токарна з ЧПУ	Токарний верстат з ЧПУ 16К20Ф3	Різець прохідний відігнутий Т15К6 ГОСТ 18881-73, різець канавковий, ГОСТ 20872-80, Різець різьбовий ГОСТ 18885-73	Центрові отвори
035 Фрезерна	Фрезерний верстат 6Р13Ф3	Шпонкова фреза Т15К6 ГОСТ 6396-78, Свердел спіральне ГОСТ 2034-80	Центрові отвори
040 Шліцефрезерна	Фрезерний верстат 6Р13Ф3	Черв'ячна фреза для шліцьових валів Р6М5 ГОСТ 8072-60	Центрові отвори
045 Зубофрезерна	Фрезерний верстат 5В312	Черв'ячна фреза ГОСТ 9324-80	Центрові отвори
050 Токарна	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Свердло спіральне ГОСТ 2034-80	Поверхня \varnothing 40 мм
055 Термічна			
060 Зубошевінгувальна	Шліфувальний верстат GearSpect SBO 340	Коло шліфувальне ГОСТ 2424-83 400×16×203	Поверхня \varnothing 40 мм

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4
065 Круглошліфу- вальна	Круглошлі- фувальний верстат 3М151Ф2	Круг плаский шліфувальний ГОСТ 2425-70 ПП600х60х305	Центрові отвори
070 Токарна	Токарно- гвинторізний верстат 16К20	Алмазна головка	Центрові отвори
075 Свердлильна	Вертикально- свердлильний верстат 2Н150	Зенкер ГОСТ 12489-71, мітчик ГОСТ 3266-81	Поверхня \varnothing 40 мм
080 Контрольна	Стіл ВТК		

1.9 Вибір моделей устаткування

Вибір типів і моделей устаткування розглядається на різних стадіях технологічної підготовки виробництва. Попередній вибір обладнання проводиться при призначенні методу обробки поверхонь, що забезпечує виконання технічних вимог до оброблюваних поверхонь. Вибір моделі верстата насамперед визначається його можливістю забезпечити точність розмірів і форми, а також якість поверхні деталі, що виготовляється.

Для виготовлення і обробки деталі «вал - шестерня приводу насоса» застосовується наступне обладнання.

Токарний верстат з ЧПУ 16К20Ф3. Верстат 16К20Ф3 призначений для токарної обробки в автоматичному режимі зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей типу тіл обертання із ступінчастим і криволінійним профілем різної складності за заздалегідь складеною керуючої програмою. Обробка відбувається в один або кілька проходів в замкнутому автоматичному циклі. Установка заготовок

здійснюється в центрах. Верстат 16K20Ф3 є найбільш поширеним і доступним обладнанням для різних типів виробництв.

Технічні характеристики верстата представлені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 - Характеристики токарного верстата з ЧПУ 16K20Ф3

Технічні характеристики	Параметри
Діаметр обробки над станиною	500 мм
Діаметр обробки над супортом	200 мм
Діаметр циліндричного отвору в шпинделі	55 мм
Найбільший поперечний хід супорта	210 мм
Найбільший поздовжній хід супорта	905 мм
Потужність електродвигуна головного руху	11кВт
Габаритні розміри верстата (Д х Ш х В), мм	3700 × 2260 × 1650
Маса верстата, кг	4000

Для шліфування зубів деталі «вал-шестерня приводу насоса» обраний новий високопродуктивний верстат з ЧПУ GearSpect SBO 340 CNC Basic - високопродуктивний верстат сучасної конструкції з 7-ю керованими осями, динамічним балансуванням кола і потужною системою охолодження для високошвидкісного шліфування. Зубошліфувальних верстат з 7-ю керованими осями, працює на принципі безперервного шліфування методом обкатування при одночасній тангенційній подачі заготовки. Швидкість різання до 35 м / сек. Приводу шліфувального круга і заготовки управляються за допомогою електроніки, включаючи позиціонування заготовки по відношенню до шліфувального круга. Такий принцип значно підвищує робочу точність верстата і швидкість шліфування.

Технічні характеристики верстата представлені в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 - Технічні характеристики верстата з ЧПУ GearSpect SBO 340 CNC Basic

Технічні характеристики	Параметри
Максимальний модуль	0,5 / 7 мм
Число зубів деталі	5 – 999
Максимальна вага деталі	60 кг
Шліфувальний круг	350 x 104 x 160
Частота обертання шліфувального круга	1000 – 2000
Ступінь точності обробки зубчастих вінців по ГОСТ1643-81	4

1.10 Аналітичний розрахунок технологічних параметрів

1.10.1 Призначення припусків

Розробка технологічного процесу виготовлення деталей машин завжди передбачає розрахунок припусків і операційних розмірів. Правильний розрахунок припусків на обробку деталі дозволяє підвищити точність обробки, якість виконання деталі і зменшення кількості бракованих деталей на виробництві.

Технологічний маршрут обробки поверхні Ø65,11 складається з обточування чорнового і чистового, і шліфування чорнового і чистового. Розрахуємо припуски для заготовки, чорнового і чистового точіння, чорнового і чистового шліфування.

Заготовка:

$Rz = 150$ мкм [9, С.66]; $T = 250$ мкм.

Точіння чорнове:

$Rz = 50$ мкм [9, С.67]; $T = 50$ мкм.

Точіння чистове:

$Rz = 30$ мкм [9, С.67]; $T = 30$ мкм.

Шліфування:

$R_z = 10$ мкм [9, С.67]; $T = 20$ мкм.

Просторове відхилення заготовки вала, (мкм) обчислюється за формулою (1.16):

$$\rho_z = \sqrt{\rho_K^2 + \rho_{\text{ц}}^2}, \quad (1.16)$$

де $\rho_{\text{ц}}$ - зміщення осі заготовки в результаті похибки центрування, мкм;

Використовуючи довідкову інформацію, знаходимо $\rho_{\text{ц}} = 250$ (мкм).

$$\rho_z = \sqrt{458^2 + 0,25^2} = 458(\text{мкм}).$$

Сумарне відхилення розташування заготовки деталі при обробці прокату в центрах ρ_K , мкм, обчислюють за формулою (1.17):

$$\rho_K = \Delta_K \cdot l, \quad (1.17)$$

де Δ_K - питома кривизна заготовок на 1 мм довжини, мкм / мм;

$$\Delta_K = 1 \text{ мкм/мм};$$

l - довжина частини заготовки, що зміщується, мм.

$$\rho_K = 1 \cdot 458 = 458(\text{мкм}).$$

Просторове відхилення для чорнового точіння заготовки:

$$\rho_{\text{Точчорн}} = 0,05\rho_{\text{заг}}. \quad (1.18)$$

$$\rho_{\text{Точчорн}} = 0,05\rho_{\text{заг}} = 458 \cdot 0,05 = 22,9(\text{мкм}).$$

Просторове відхилення для чистового точіння заготовки:

$$\rho_{\text{Точчист.}} = 0,04\rho_{\text{заг}}. \quad (1.19)$$

$$\rho_{\text{Точ.чист.}} = 458 \cdot 0,04 = 18,3(\text{мкм}).$$

Просторове відхилення для шліфування

$$\rho_{\text{Шліф.}} = \rho_{\text{ЗАГ}} \cdot 0,03. \quad (1.20)$$

$$\rho_{\text{Шліф.}} = 458 \cdot 0,03 = 13,7(\text{мкм}).$$

Мінімальні значення припусків $2Z_{\text{MIN}}$, мкм, обчислюються за формулою

$$2z_{\text{min}} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right). \quad (1.21)$$

Згідно (1.21):

$$2z_{\text{min.точ.чорн}} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) = 2 \cdot (150 + 250 + 458) = 2 \cdot 858(\text{мкм}).$$

$$2z_{\text{min.точ.чист.}} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) = 2 \cdot (50 + 50 + 18,3) = 2 \cdot 118,3(\text{мкм}).$$

$$2z_{\text{min.шлиф.чорн}} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) = 2 \cdot (30 + 30 + 13,7) = 2 \cdot 73,7(\text{мкм}).$$

$$2z_{\text{min.шлиф.чист.}} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) = 2 \cdot (10 + 20 + 4) = 2 \cdot 40(\text{мкм}).$$

Обчислюємо найменші міжопераційні розміри і розмір заготовки.

- Після чистового шліфування:

$$d_{\text{min.шлиф.чист.}} = 65,11 - 0,1 = 65,01 (\text{мм}).$$

- Після чорнового шліфування:

$$d_{\text{min.шлиф.чорн.}} = d_{\text{min.шлиф.}} + 2Z_{\text{min.шлиф.чорн.}} \quad (1.22)$$

$$d_{\text{min.шлиф.чорн.}} = 65,01 + 0,08 = 65,09 (\text{мм}).$$

- Після чистового точіння:

$$d_{\text{min.точ.чорн.}} = d_{\text{min.точ.}} + 2Z_{\text{min.точ.чорн.}} \quad (1.23)$$

$$d_{\text{min.точ.чорн.}} = 65,09 + 0,1474 = 65,237 \text{ (мкм)}.$$

- Після чорнового точіння:

$$d_{\text{min.точ.чист.}} = d_{\text{min.точ.}} + 2Z_{\text{min.точ.чист.}} \quad (1.24)$$

$$d_{\text{min.точ.чист.}} = 65,237 + 0,237 = 65,474 \text{ (мм)}.$$

- Розмір заготовки:

$$d_{\text{min.заг.}} = d_{\text{min.заг.}} + 2Z_{\text{min.заг.}} \quad (1.25)$$

$$d_{\text{min.заг.}} = 65,474 + 1,096 = 67,19 \text{ (мм)}.$$

Встановлюємо допуски на міжопераційні розміри і розмір заготовки:

- на чистове шліфування $IT_{\text{Ш.О}} = h6 = 100 \text{ мкм}$;
- на чорнове шліфування $IT_{\text{ШШФ}} = h7 = 30 \text{ мкм}$;
- на чистове точіння $IT_{\text{Т.ЧИСТ}} = h9 = 74 \text{ мкм}$;
- на чорнове точіння $IT_{\text{Т.ЧОРН}} = h14 = 740 \text{ мкм}$;
- на заготовку $IT_{\text{Т.ЗАГ}} = h16 = 1900 \text{ мкм}$.

Обчислюємо найбільші операційні розміри і розмір заготовки.

- Після чистового шліфування:

$$d_{\text{МАХ.Ш.О}} = d_{\text{МИН.Ш.О}} + IT_{\text{Ш.О}} \quad (1.26)$$

$$d_{\text{МАХ.Ш.О}} = 65,01 + 0,1 = 65,11 \text{ (мм)}.$$

- Після чорнового шліфування:

$$d_{\text{МАХ.ШШФ}} = d_{\text{МИН.ШШФ}} + IT_{\text{ШШФ}} \quad (1.27)$$

$$d_{\text{МАХ.ШШФ}} = 65,09 + 0,03 = 65,12 \text{ (мм)}.$$

- Після чистового точіння:

$$d_{\text{МАХТ.ЧИСТ}} = d_{\text{МИНТ.ЧИСТ}} + IT_{\text{Т.ЧИСТ}} \quad (1.28)$$

$$d_{\text{МАХТ.ЧИСТ}} = 65,237 + 0,074 = 65,311(\text{мм}).$$

- Після чорнового точіння:

$$d_{\text{МАХТ.ЧЕРН}} = d_{\text{МИНТ.ЧЕРН}} + IT_{\text{Т.ЧЕРН}} \quad (1.29)$$

$$d_{\text{МАХТ.ЧЕРН}} = 65,474 + 0,74 = 66,214(\text{мм}).$$

- Розмір заготовки:

$$d_{\text{МАХЗАГ}} = d_{\text{МИНЗАГ}} + IT_{\text{ЗАГ}} \quad (1.30)$$

$$d_{\text{МАХЗАГ}} = 67,19 + 1,9 = 69,09(\text{мм}).$$

Обчислюємо граничні значення допусків.

- Для чистового шліфування:

$$2Z_{\text{МИН}}^{\text{ПР}} = d_{\text{МИН.ШПФ}} - d_{\text{МИН.ШПФ}} \quad (1.31)$$

$$2Z_{\text{МАХ}}^{\text{ПР}} = d_{\text{МАХ.ШПФ}} - d_{\text{МАХ.ШПФ}} \quad (1.32)$$

$$2Z_{\text{МАХ}}^{\text{ПР}} = 65,12 - 65,11 = 0,01(\text{мм}).$$

$$2Z_{\text{МИН}}^{\text{ПР}} = 65,09 - 65,01 = 0,08(\text{мм}).$$

- Для чорнового шліфування:

$$2Z_{\text{МИН}}^{\text{ПР}} = d_{\text{МИНТ.ЧИСТ}} - d_{\text{МИН.ШПФ}} \quad (1.33)$$

$$2Z_{\text{МАХ}}^{\text{ПР}} = d_{\text{МАХТ.ЧИСТ}} - d_{\text{МАХ.ШПФ}} \quad (1.34)$$

$$2Z_{\text{MIN}}^{\text{ПР}} = 65,237 - 65,09 = 0,147(\text{мм}).$$

$$2Z_{\text{MAX}}^{\text{ПР}} = d_{\text{МАХ.Т.ЧИСТ}} - d_{\text{МАХ.ШПИФ}} = 65,311 - 65,12 = 0,191$$

- Для чорнового точіння:

$$2Z_{\text{MIN}}^{\text{ПР}} = d_{\text{МИН.Т.ЧЕРН}} - d_{\text{МИН.Т.ЧИСТ}} \cdot \quad (1.35)$$

$$2Z_{\text{MAX}}^{\text{ПР}} = d_{\text{МАХ.Т.ЧЕРН}} - d_{\text{МАХ.Т.ЧИСТ}} \cdot \quad (1.36)$$

$$2Z_{\text{MIN}}^{\text{ПР}} = 65,474 - 65,237 = 0,237(\text{мм}).$$

$$2Z_{\text{MAX}}^{\text{ПР}} = 66,214 - 65,311 = 0,903(\text{мм}).$$

- Для чорнового точіння:

$$2Z_{\text{MIN}}^{\text{ПР}} = d_{\text{МИН.ЗАГ}} - d_{\text{МИН.Т.ЧЕРН}} \cdot \quad (1.37)$$

$$2Z_{\text{MAX}}^{\text{ПР}} = d_{\text{МАХ.ЗАГ}} - d_{\text{МАХ.Т.ЧЕРН}} \cdot \quad (1.38)$$

$$2Z_{\text{MIN}}^{\text{ПР}} = 67,19 - 65,474 = 1,716(\text{мм}).$$

$$2Z_{\text{MAX}}^{\text{ПР}} = 69,09 - 66,214 = 2,876(\text{мм}).$$

Обчислюємо загальний припуск.

$$2Z_0 = d_{\text{МАХ.ЗАГ}} - d_{\text{МИН.ШЛ.ОК}} \cdot \quad (1.39)$$

$$2Z_0 = 69,09 - 65,01 = 4,08(\text{мм}).$$

Схематичне зображення припусків деталі зображено на рис. 1.2.

На всі інші оброблювані поверхні припуски призначаються по ГОСТ 2590-88.

Значення всіх припусків зводяться в таблицю 1.8.

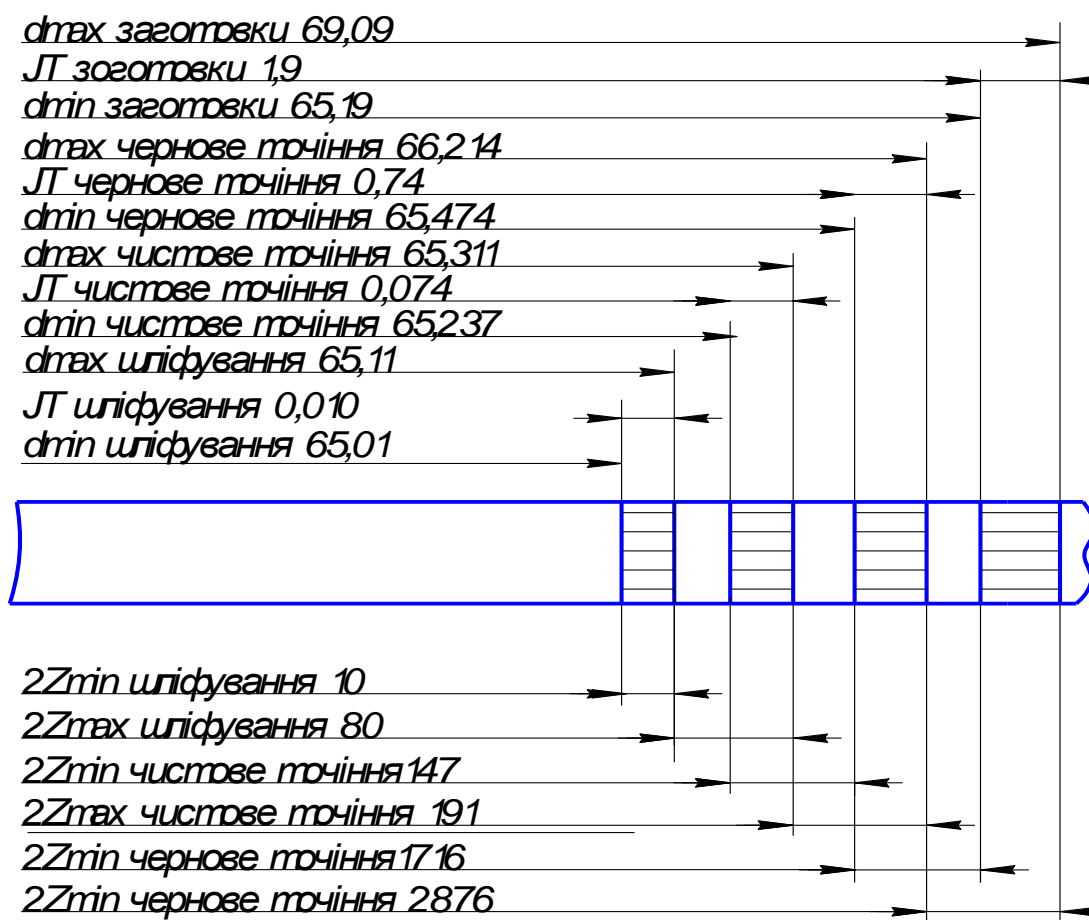


Рисунок 1.2 - Схема розташування припусків, допусків і граничних розмірів

Таблиця 1.8 - Припуски і граничні відхилення на оброблювані поверхні вала

Поверхня	Розмір, мм	Припуск, мм		Допуск, мм
		Розрахунковий	Табличний	
Торцева поверхня 2,3	458	-	4,5	+0,8
				-0,8
Діаметр 1	70	-	2-3,3	+0,1
				-0,9

1.10.2 Розрахунок режимів різання для шпоночно - фрезерних операцій

При призначенні елементів режимів різання враховуємо характер обробки, тип і розміри інструмента, матеріал його ріжучої частини, матеріал і стан заготівлі, тип і

стан обладнання.

Матеріал, що обробляється - сталь 40Х ГОСТ4543-71; $\sigma_B = 980$ МПа; верстат вертикально - фрезерний 6Р13Ф3.

Характеристика оброблюваної поверхні:

Фрезерується шпонковий паз – $B = 8_{-0,055}^{-0,015}$ мм, довжиною – $L = 50$ мм.

Вибір різального інструменту:

Фреза 2234-0135 ГОСТ6396-78 (діаметром 8 мм; $L = 73$ мм).

Швидкість фрези розраховується за формулою, м/хв (1.40):

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y \times t^x \times B^u \times Z^p} K_v, \quad (1.40)$$

де C_v – коефіцієнт, що враховує властивості оброблюваного матеріалу;

D – діаметр фрези в мм;

T – стійкість інструменту, хв.;

t – глибина різання в мм;

S – подача в мм / об;

K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання.

Визначимо коефіцієнт K_v за формулою (1.41):

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{UV}, \quad (1.41)$$

де K_{MV} – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал;

K_{PV} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;

K_{UV} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту.

Значення коефіцієнта K_{MV} розрахуємо за формулою (1.42):

$$K_{MV} = K_T \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (1.42)$$

де σ_B – межа міцності, $\sigma_B = 980$ МПа;

K_Γ – коефіцієнт, що враховує групу сталі, $K_\Gamma = 1$;

n_v – показник ступеня, $n_v = 1$;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,765;$$

$$K_v = 0,765 \cdot 1 \cdot 1 = 0,765.$$

Тоді швидкість обертання фрези:

$$V = \frac{12 \times 8^{0,3}}{80^{0,26} \times 0,3^{0,3} \times 2,5^{0,25} \times 2^0} \times 0,765 = 17,83 \text{ (м/хв.)}.$$

Визначимо частоту обертання фрези за формулою (1.43):

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D}, \text{ хв}^{-1}, \quad (1.43)$$

де D – діаметр фрези, мм.

$$n = \frac{1000 \times 17,8}{3,14 \times 8} = 708,6 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо частоту обертання шпинделя верстата $n = 650$ хв⁻¹.

Уточнимо швидкість різання по формулі (1.44):

$$V = \frac{\pi \times D \times n}{1000}, \text{ м/хв.} \quad (1.44)$$

$$V = \frac{3,14 \times 8 \times 650}{1000} = 16,3 \text{ м/хв.}$$

Визначимо силу різання по формулі:

де C_p – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал;

D – діаметр фрези, в мм;

t^x – глибина різання;

s – подача, в мм / об;

K_{mp} – загальний поправочний коефіцієнт на силу різання.

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 5^{0,86} \cdot 1,13^{0,72} \cdot 2}{12^{0,86} \cdot 500^0} \cdot 0,75 = 529,15(\text{Н}).$$

Визначимо потужність різання за формулою (1.45):

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт}, \quad (1.45)$$

де P_z – сила різання в Н;

V – швидкість різання в м / хв.

$$N_{\text{різ}} = \frac{529,15 \cdot 16,3}{1020 \cdot 60} = 0,16(\text{кВт}).$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстата по формулі (1.46).

У верстата мод. 6Р13Ф3:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta, \quad (1.46)$$

де $N_{\text{дв}}$ – потужність двигуна, кВт;

η – К.К.Д. верстата.

$$N_{\text{шп}} = 3 \cdot 0,85 = 2,55 \text{ кВт}.$$

Обробка можлива за умови, що $N \leq N_{\text{шп}}$, отже, обробка можлива, оскільки отримані значення задовольняють вимогам.

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Методика розрахунку зусилля закріплення деталі

На рис. 2.1 наведено розрахункову схему для визначення зусилля закріплення деталі при фрезеруванні шпонкового пазу кінцевою фрезою. Деталь встановлюється у двох призмах. Ліва призма є нерухоною, права призма – рухоною. До правої призми прикладається зусилля закріплення Q .

Принципова схема механізованого пристосування для фрезерування шпонкового пазу кінцевою фрезою наведено на рис. 2.2. Вона відповідає розрахунковій схемі, наведеній на рис. 2.1.

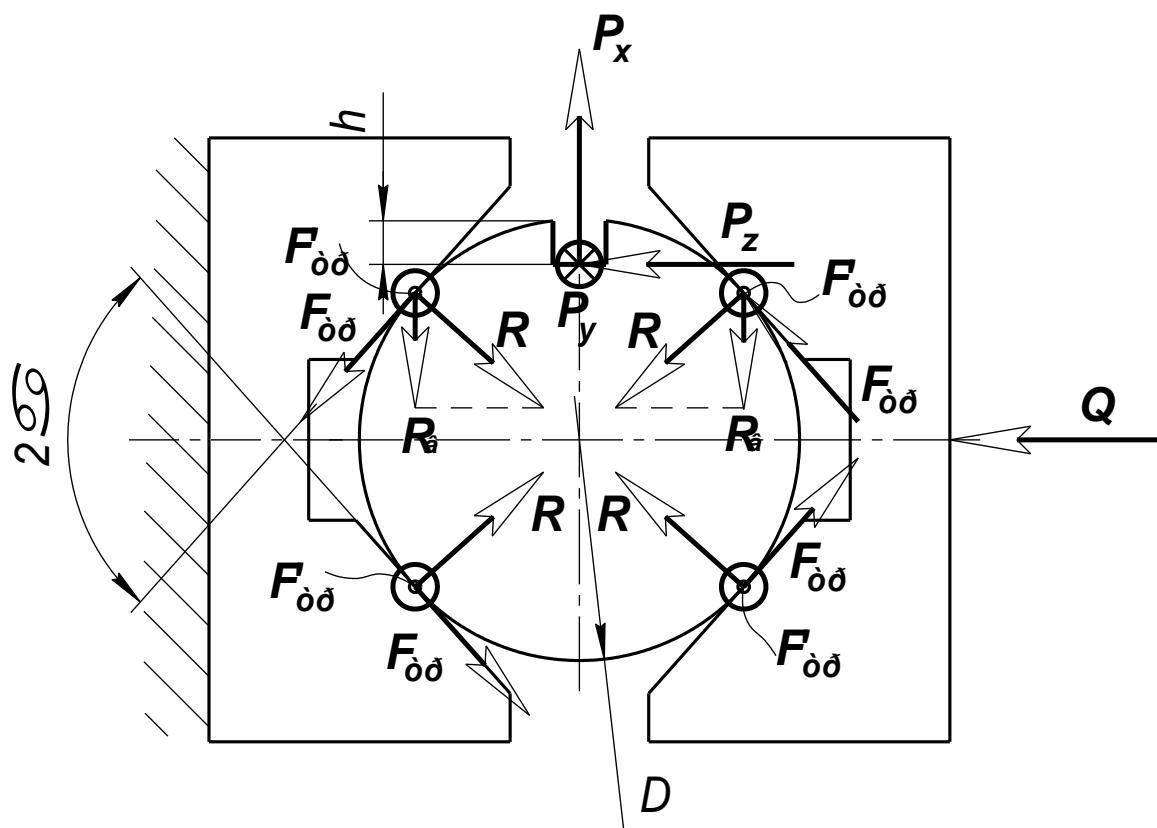


Рисунок 2.1 - Розрахункова схема для визначення зусилля закріплення деталі при фрезеруванні шпонкового пазу кінцевою фрезою

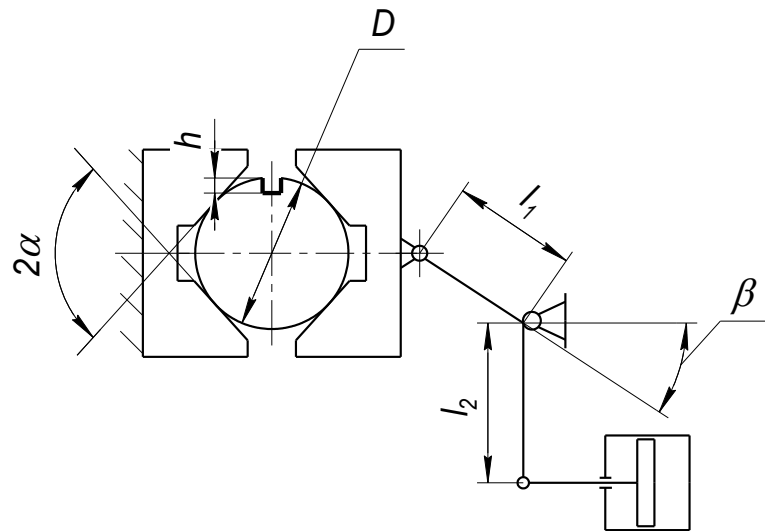


Рисунок 2.2 – Принципова схема механізованого пристосування для фрезерування шпонкового пазу кінцевою фрезою

На деталь зі сторони інструменту діють наступні сили різання: тангенціальна P_z , радіальна P_x , головна P_y .

Головна сила P_y намагається здвинути деталь вздовж вісі y . Цьому протидіють сили тертя $F'_{тр}$, які виникають у точках дотику деталі з призмами. Рівняння рівноваги має наступний вигляд:

$$P_y = 4F'_{тр},$$

Якщо виразити силу тертя $F'_{тр}$ через реакції R у точках дотику деталі з призмами, враховуючи, що $R = \frac{Q}{2 \cdot \sin \alpha}$, отримаємо рівняння для розрахунку складової зусилля закріплення Q_y :

$$P_y = 4fR = \frac{4 \cdot f \cdot Q_y}{2 \cdot \sin \alpha} = \frac{2 \cdot f \cdot Q_y}{\sin \alpha},$$

де f – коефіцієнт тертя.

Звідки

$$Q_y = \frac{P_y \sin \alpha}{2 \cdot f}. \quad (2.1)$$

Тангенціальна сила P_z створює крутний момент з плечем $(D/2-h)$, який намагається повернути деталь відносно вісі y . Цьому протидіє момент сил тертя $F_{тр}$, які виникають у точках дотику деталі з призмами і мають плече $D/2$. Рівняння для розрахунку складової зусилля закріплення Q_z можна отримати з рівняння рівноваги моментів:

$$P_x(D/2-h) = 4F_{тр}D/2 = 4fRD/2 = \frac{4 \cdot f \cdot Q_z \cdot D}{2 \cdot \sin \alpha} = \frac{f \cdot Q_x \cdot D}{\sin \alpha}.$$

Звідки

$$Q_z = \frac{P_z \sin \alpha (D/2 - h)}{2 \cdot f \cdot D}, \quad (2.2)$$

Радіальна сила P_x намагається змістити деталь уверх. Цьому протидіють вертикальні складові R_v реакцій R в точках дотику деталі з верхніми частинами призми. Рівняння для розрахунку складової зусилля закріплення Q_x можна отримати з рівняння моментів:

$$P_x = 2Q_v.$$

Із силового трикутника у точці дотику деталі з призмами витікає наступне співвідношення:

$$Q_v = \frac{Q}{2} \operatorname{tg} \alpha.$$

Тоді

$$P_x = 2 \frac{Q_x}{2} \operatorname{tg} \alpha = Q_x \operatorname{tg} \alpha,$$

Звідки

$$Q_x = P_x / \operatorname{tg} \alpha. \quad (2.3)$$

Сумарне зусилля закріплення визначається за формулою:

$$Q = \sqrt{Q_x^2 + Q_z^2 + Q_y^2} \cdot K. \quad (2.4)$$

де K – коефіцієнт запасу для зусилля закріплення.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

де $K_0 = 1,5$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

K_1 – коефіцієнт, що враховує стан поверхні, $K_1 = 1,2$;

K_2 – коефіцієнт, що залежить від прогресуючого затуплення інструменту у процесі різання; $K_2 = 1,6$;

K_3 – коефіцієнт, що враховує переривчастий режим різання; $K_3 = 1,2$;

K_4 – коефіцієнт, що враховує вид затискного пристрою; $K_4 = 1,3$ (для закріплення деталі у призмах);

K_5 – коефіцієнт, що характеризує ефективність затискання; $K_5 = 1,0$;

K_6 – коефіцієнт, що характеризує наявність моментів, які прагнуть розвернути заготовку відносно базових поверхонь; $K_6 = 1,0$.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 4,49.$$

Для розрахунку зусилля на приводі W складемо рівняння рівноваги моментів сил, що діють на важіль (рис. 2.3).

Рівняння рівноваги моментів сил, що діють на важіль, має наступний вигляд:

$$Ql_1 \sin \beta = Wl_2,$$

Звідки

$$W = Ql_1 \sin \beta / l_2. \quad (2.5)$$

Із розрахункової схеми на рис. 2.3 видно, що для закріплення деталі повітря слід подавати у штокову порожнину циліндра.

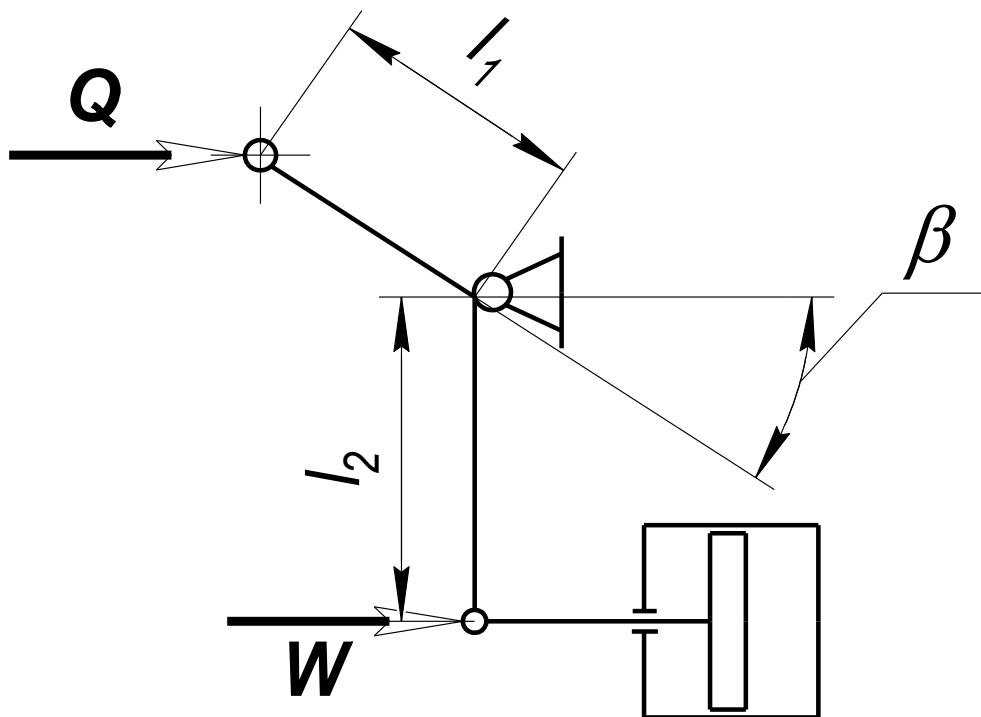


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема для визначення зусилля на приводі

2.2 Розрахунок зусилля затискання заготовки та зусилля на приводі

Головна сила різання визначається за наступною формулою:

$$P_y = [(10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot b^u \cdot z) / (D^q \cdot n^w)] \cdot K_p, \quad (2.6)$$

де C_p , x , y , u , q , w , – коефіцієнти, що залежать від умов обробки;

t – глибина різання, мм; $t = 0,4$ мм;

$S = S_z$ – поздовжня подача, мм/зуб.; $S_z = 0,4$ мм/зуб.

b – ширина шпонкового пазу, мм; $b = 16$ мм;

z – кількість зубів шпонкової фрези, що приймають участь у процесі різання; $z = 2$;

D – діаметр фрези, мм; $D = 16$ мм;

n – частота обертання фрези, об/хв.; $n = 1000$ об/хв.;

K_p – поправочний коефіцієнт [4].

Для розрахунку були прийняті наступні значення коефіцієнтів та параметрів, що входять у рівняння (2.6):

$C_p = 825$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [4];

$x = 1,0$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [4];

$y = 0,75$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [4];

$u = 1,1$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [4];

$q = 1,3$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [4];

$w = 0,33$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [4].

Поправочний коефіцієнт K_p визначається по формулі:

$$K_p = K_{\mu p} \cdot K_{\nu p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\phi p}.$$

Коефіцієнт $K_{\mu p}$ визначається за формулою:

$$K_{\mu p} = (\sigma_B/750)^{N_p},$$

де σ_B – межа міцності матеріалу, що обробляється; для матеріалів з $\sigma_B < 600$ МПа приймають $\sigma_B = 600$ МПа;

N_p – показник, який залежить від типу матеріалу, що обробляється; для обробки конструкційних нелегованих вуглецевих сталей $N_p = 0,3$.

$$K_{\text{цр}} = (600/750)^{0,3} = 0,93.$$

Коефіцієнт $K_{\text{вр}}$ залежить від швидкості різання та характеру обробки (чорнова, чистова). Для чистової обробки (глибина різання на прохід дорівнює 0,4 мм) та швидкості різання, що не перевищує 100 м/хв., $K_{\text{вр}} = 0,9$.

$$K_{\text{ур}} = 1,3 [4];$$

$$K_{\text{фр}} = 1,0 [4].$$

$$K_p = 0,93 \cdot 0,9 \cdot 1,3 \cdot 1 = 1,088.$$

Складова сили різання P_y :

$$P_y = [(10 \cdot 825 \cdot 0,4^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 16^{1,1} \cdot 2) / (16^{1,3} \cdot 1000^{0,33})] \cdot 1,088 = 1072 \text{ (Н)}.$$

Складова сили різання P_x :

$$P_x = (0,35 \dots 0,4) P_y [4].$$

Приймаємо $P_x = 0,4 P_y$.

$$P_x = 428 \text{ (Н)}.$$

Складова сили різання P_z :

$$P_z = (0,2 \dots 0,3) P_y [4].$$

Приймаємо $P_z = 0,3 P_y$.

$$P_z = 321,6 \text{ (Н)}.$$

Складова зусилля закріплення Q_y ($f = 0,3$; $\alpha = 45^\circ$):

$$Q_y = \frac{1072 \cdot \sin(45)}{2 \cdot 0,3} = 1263 \text{ (Н)}.$$

Складова зусилля закріплення Q_z ($f = 0,3$; $\alpha = 45^\circ$; $D = 50$ мм; $h = 6$ мм):

$$Q_z = \frac{321,6 \cdot \sin(45) \cdot (50/2 - 6)}{2 \cdot 0,3 \cdot 50} = 144 \text{ (Н)}.$$

Складова зусилля закріплення Q_x ($f = 0,3$; $\alpha = 45^\circ$):

$$Q_x = 428 / \text{tg}45^\circ = 428 \text{ (Н)}.$$

Сумарне зусилля закріплення:

$$Q = \sqrt{1263^2 + 144^2 + 428^2} \cdot 4,49 = 6000 \text{ (Н)}.$$

Необхідне зусилля на пневматичному приводі ($Q = 6000$ Н; $l_1 = 300$ мм; $l_2 = 1500$ мм; $\beta = 30^\circ$):

$$W = 6000 \cdot 300 \cdot \sin 30 / 1500 = 600 \text{ (H)}.$$

За визначеним зусиллям на пневматичному приводі в якості силового елемента пневматичного привода приймаємо пневмокамеру 200-3519010.

Складальне креслення пристосування для закріплення деталі під фрезерування шпонкового пазу наведено на рис. 2.4.

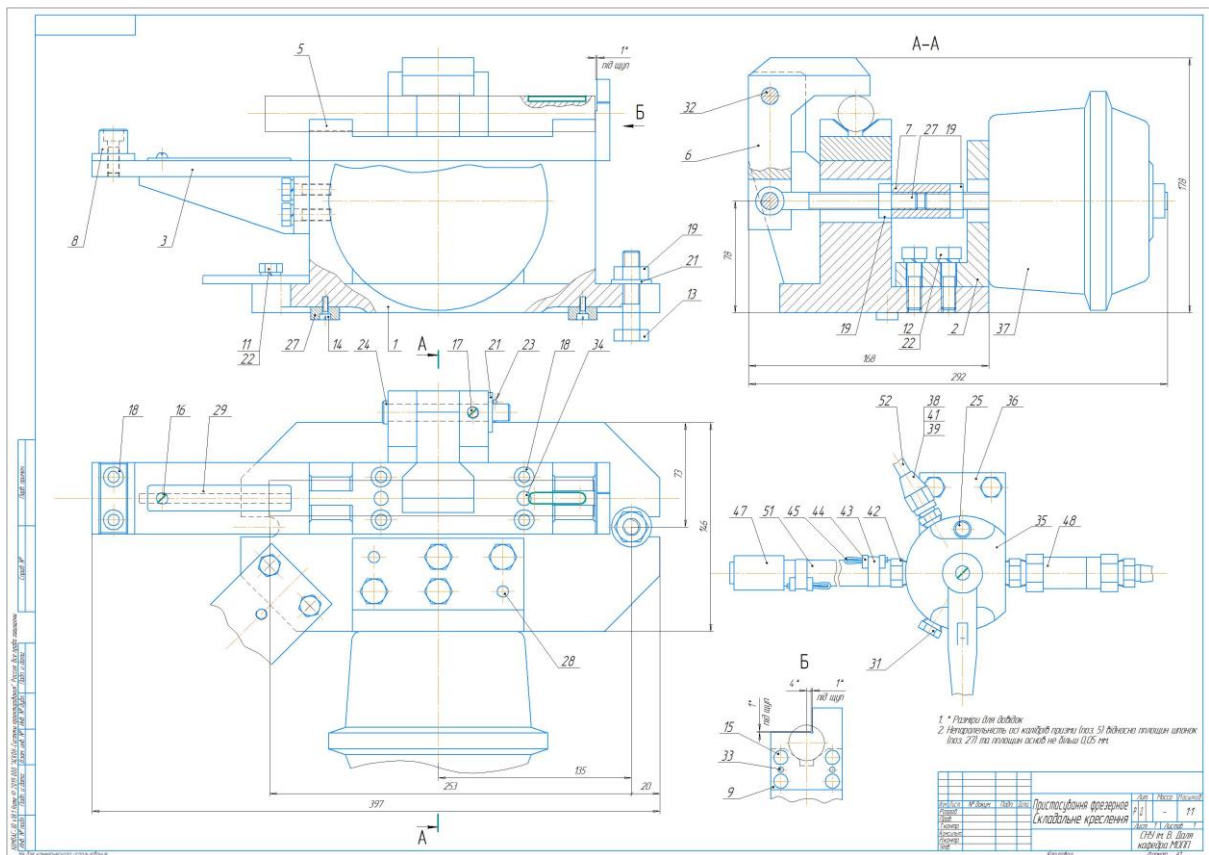


Рисунок 2.4 – Пристосування для закріплення деталі під фрезерування пазу

Спеціальне пристосування для фрезерування паза деталі «вал-шестерня приводу насоса» призначене для базування і кріплення заготовки вала на вертикально-фрезерному верстаті 6Р13Ф3.

Пристосування для фрезерування паза деталі «вал-шестерня приводу насоса» працює в такий спосіб. Заготівлю деталі встановлюють на призму і закріплюють її положення прихватами. Під тиском масла в порожнині циліндра поршень зсувається вправо, ніж тисне на правий прихват. Таким чином прихват притискає заготовку до

призмі, що не дозволяє їй зміститися під час фрезерування паза деталі «вал-шестерня приводу насоса». Зусилля кріплення на правий прихват передається від поршня циліндра через вушко і вісь. Для розжимання прихватів, тиск масла зменшують, при цьому штовхач відходить назад і віджимає вал.

2.3 Автоматичне проектування технологічного процесу виготовлення деталі або засобів технологічного оснащення

2.3.1 Використання САЕ систем для вирішення технологічних задач

Побудова маршруту технологічного процесу здійснюється шляхом введення параметрів обробки. На рис. 2.5 представлений приклад введення параметрів токарної обробки деталі.

Таким же чином вводяться параметри інших операцій прийнятого технологічного процесу обробки деталі «вал-шестерня приводу насоса».

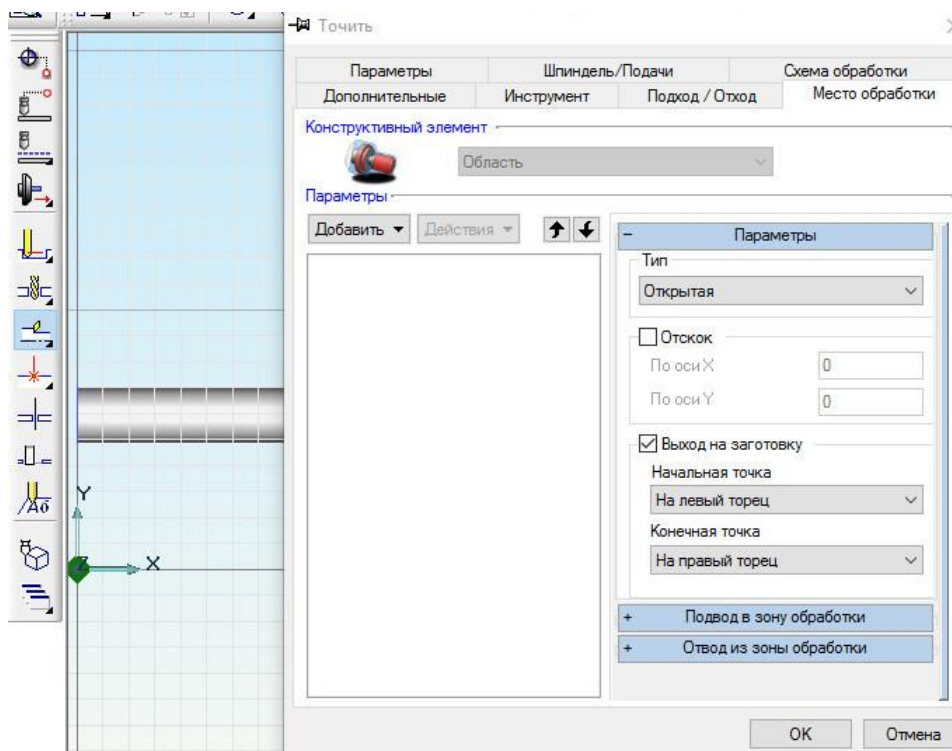


Рисунок 2.5 - Введення установок токарної обробки деталі

Таким же чином вводяться параметри для подальших етапів обробки, включаючи механічну обробку на верстаті з ЧПУ.

Для створення проекту технологічного переходу в системі ADEM, необхідно контури деталі, що виходять в результаті обробки нарастити припущеннями, які знімаються в процесі даного переходу.

В результаті проектування технологічного переходу отримуємо маршрут обробки заданих поверхонь в рамках розраховується операції - порядок виконання команд і моделювання технологічних об'єктів.

В результаті виконаної роботи отримуємо повністю готовий технологічний процес. На всі операції отримано комплект технологічної документації. Сформований комплект технологічної документації наведено в додатку В. ADEM дозволяє швидко, зручно і якісно проектувати технологічні процеси, і отримувати все, що регламентуються ГОСТом, технологічні документи.

В результаті застосування систем автоматизованого проектування, скорочується час створення технологічної документації при проектуванні нового або модернізації технологічного процесу.

2.3.2 Проектування операційної технології з розробкою керуючих програм і віртуальним моделюванням обробки для верстатів з ЧПУ в САПР

Навчальне обладнання: емуляція верстата «Siemens», програма SinuTrain, Demo-Lathe 840d sl 4.7 SP3 HF1.

Створення нової програми для верстата починається з завдання заготовки. Обрана деталь виготовляється з заготовки типу «циліндр», в зв'язку з чим задаємо її параметри:

зовнішній діаметр $X_A = 70$ мм;

правий край заготовки $Z_A = 1$ мм;

лівий край $Z_I = -458$ мм abs;

глибина захоплення заготовки кулачками $Z_B = -400$ мм abs.

Параметри відведення інструменту XRA, XRI, ZRA і точки зміни інструменту XT, ZT, а також швидкості обертання при відведенні S1 видно на рис. 2.6.

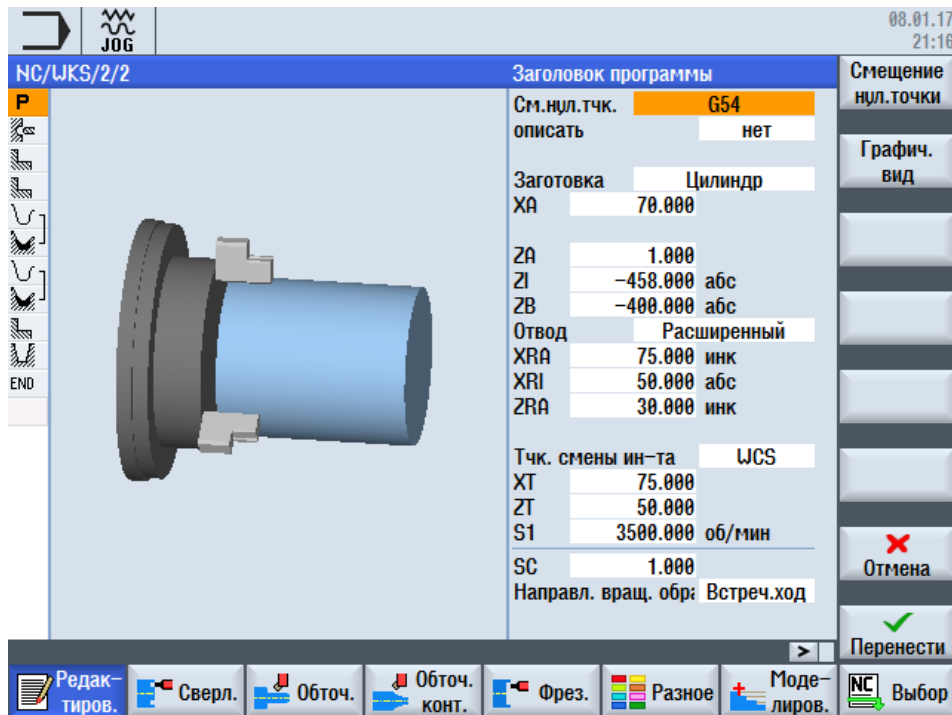


Рисунок 2.6 - Параметры заготовки детали

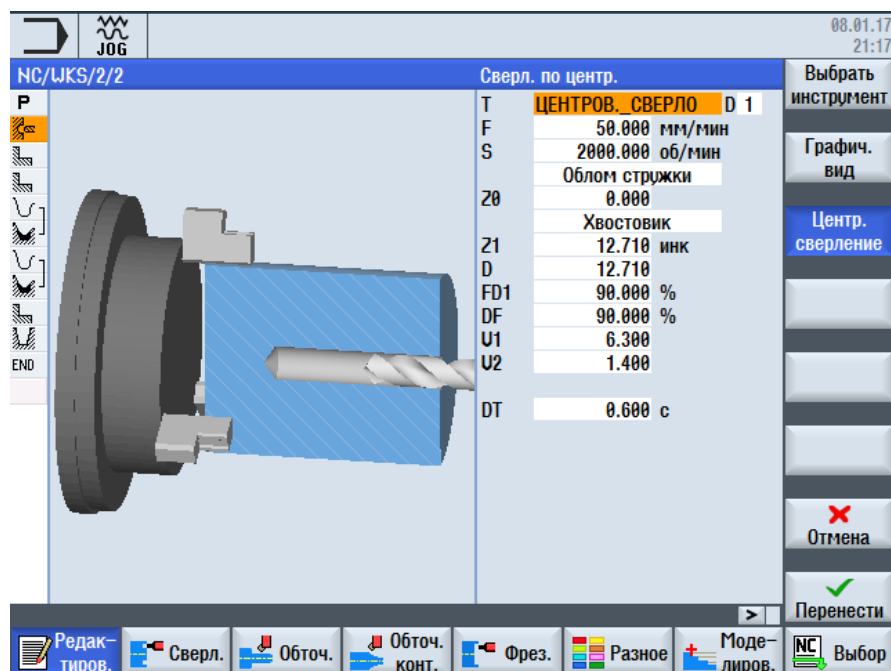


Рисунок 2.7 - Центрування деталі

Центруємо деталь. Для цього кнопкою «Свердл.» Викликаємо діалог «Центр. свердління». Вибираємо інструмент і його напрямок, призначаємо швидкості подачі. Тип, положення і напрямок обробки, координати переміщення свердла на рис. 2.7.

Кнопкою «обточити» викликаємо діалог «Обробка різанням», у вікні задаємо параметри різання деталі. Так само можна вибрати графічне відображення контуру деталі. Після введення всіх параметрів і вибору різця натискаємо кнопку «Перенести». Повторюємо ті ж операції ще раз і задаємо ще одну операцію різання деталі «Перенести».

Кнопкою «Перенести» актуалізуємо нові дані і повертаємося в програму. Далі створюємо контур обробки деталі. Для цього тиснемо «обточити. контур » і викликаємо меню «Новий контур». Вводячи координати точок отримуємо контур оброблюваної деталі на рис. 2.8.

Для даної операції вибираємо «обробка різанням». У вікні вибираємо параметри різання деталі по контуру, а також інструмент. Застосовуємо зміни, натиснувши кнопку «Перенести».

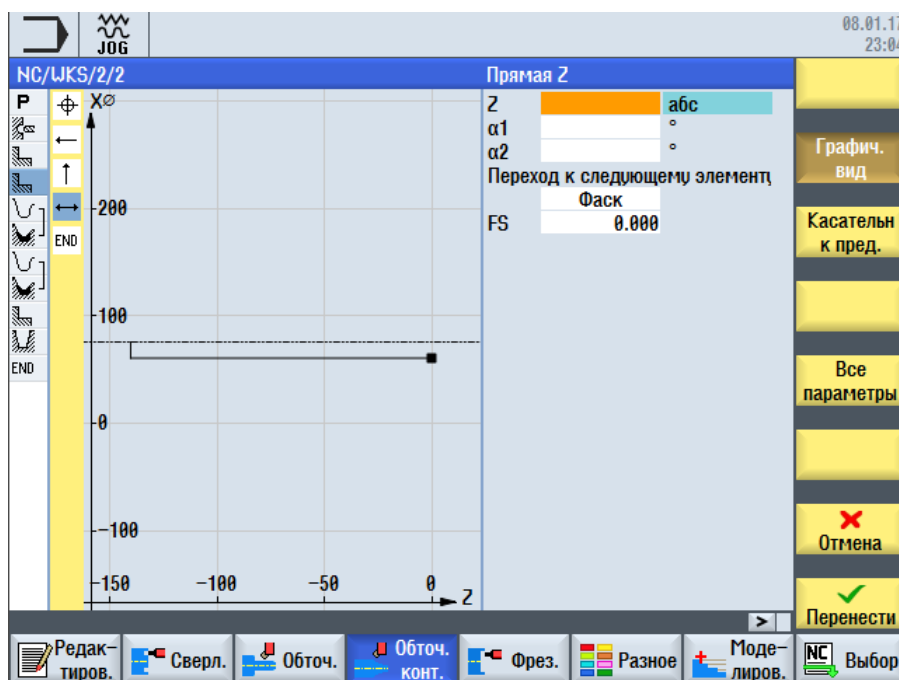


Рисунок 2.8 - Контур оброблюваної деталі

Таким же чином створюємо ще один контур обробки деталі. Називаємо його KONTUR2, відкриваємо вікно створення контуру деталі. Після створення контуру відкриваємо вікно обробки деталі різанням по контуру (кнопка «обробка різанням»), вводимо параметри різання, призначаємо інструмент, скориставшись вбудованим каталогом різців (список інструментів відкривається по кнопці «Вибрати інструмент» - на рис. 2.9). У разі відсутності необхідного інструменту в каталозі є можливість задати його вручну, ввівши параметри інструменту в спеціальне поле введення програми.

Таким же чином створюємо операцію виточки деталі. Вибираємо кнопку «обточити», на панелі праворуч вибираємо «виточки». Параметри виточки і інструмент задаються у вікні аналогічно операціям обробки різання.

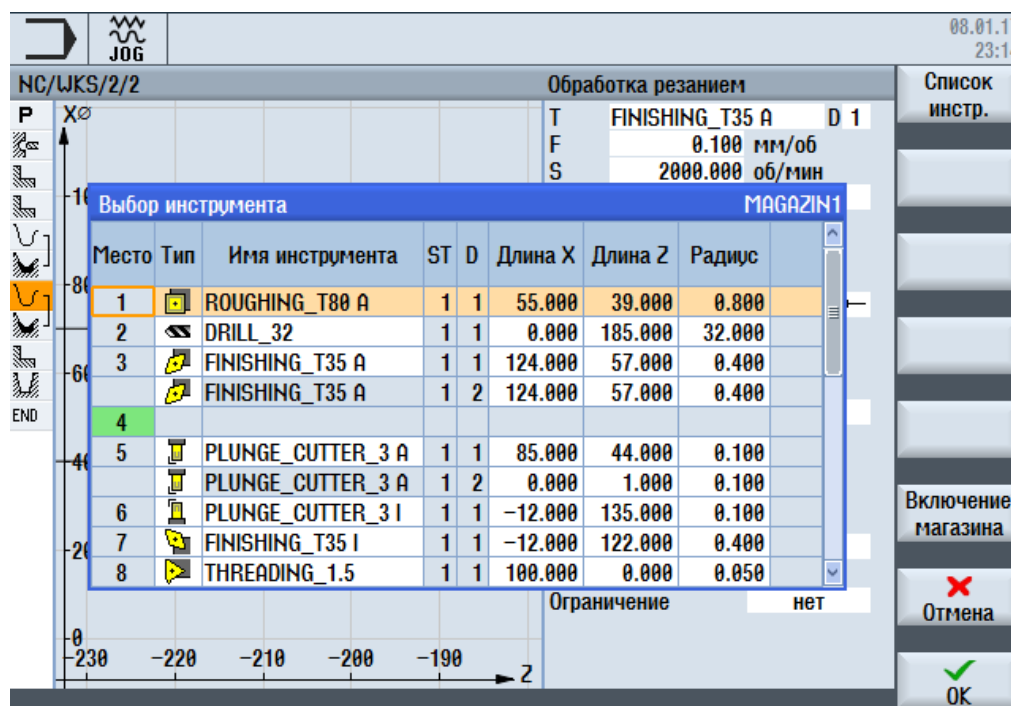


Рисунок 2.9 - Вибір інструмента для обробки деталі

Після редагування програми є можливість запуску емуляції обробки деталі. Доступні кілька варіантів відображення моделі в 3D, а також масштабування картинки і хронометражу. Також можливо простежування траєкторії інструменту.

3 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок кількості технологічного обладнання і графіка завантаження верстатів

Кількість обладнання по кожній операції визначається виходячи з штучного часу обробки одного виробу, наведеної річної програми випуску виробів і дійсного річного фонду часу обладнання за формулою:

$$P_p = \frac{T_{шт} \cdot N_{пр}}{60 \cdot F_d}, \quad (3.1)$$

де P_p – розрахункове число одиниць обладнання;

$T_{шт}$ – штучний час обробки одного виробу на i -ої операції, станко-год.;

$N_{пр}$ – річна програма випуску виробів, шт. $N_{пр} = 9000$ шт;

F_d - ефективний фонд часу роботи верстата, для металорізальних верстатів, що мають масу не більше 10 т працюють у дві зміни, з роботи маємо $F_d = 4060$ годин, а для металорізальних верстатів масою від 10 до 100 т і працюють у дві зміни $F_a = 3985$ годин.

Проведемо розрахунок обладнання на кожну операцію, округляючи число верстатів до необхідної кількості, враховуючи бажану завантаження верстатів для великосерійного типу виробництва (0,75-0,85).

Для токарної операції з ЧПУ на верстаті 16К20Ф3:

$$P_{\text{токЧПУ}} = \frac{21,5 \cdot 9000}{60 \cdot 4060} = 0,79 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо один верстат 16К20Ф3.

Таким же чином розраховуємо необхідну кількість верстатів для інших операцій.

Розрахуємо коефіцієнт завантаження верстатів і результати розрахунків зведемо в таблицю 3.1.

Коефіцієнт завантаження розраховується за формулою:

$$K_{\text{зав}} = P_p / P_{\text{пр}}, \quad (3.2)$$

де $P_{\text{пр}}$ – число прийнятих верстатів.

При недостатній завантаженні обладнання воно буде довантажений аналогічними операціями з обробки інших деталей.

Таблиця 3.1 - Розрахунок потреби в технологічному обладнанні

Найменування обладнання	Модель	Кількість обладнання, шт.		Коефіцієнт завантаження
		розрахункове	прийняте	
Фрезерно-центрувальний верстат	2Г942	0,79	1	0,79
Токарний верстат	16К20	0,79	1	0,79
Токарний верстат	16К20	0,79	1	0,79
Токарний верстат з ЧПУ	16К20Ф3	0,88	1	0,88
Токарний верстат з ЧПУ	16К20Ф3	0,80	1	0,80
Фрезерний верстат	6Р13Ф3	0,84	1	0,84
Фрезерний верстат	6Р13Ф3	0,83	1	0,83
Зубофрезерний верстат	5В312	0,89	1	0,89
Кругло-шліфувальний верстат	3М151Ф2	0,85	1	0,85
Токарно-гвинторізний верстат	16К20	0,85	1	0,85
Зубошліфувальний верстат з ЧПУ	GearSpect SBO 340	0,86	1	0,86
Разом		11		0,83

Середнє значення нормативного коефіцієнта завантаження устаткування по ділянці цеху повинно бути не менше 0,75. У нашому випадку обладнання завантажено досить.

3.2 Обґрунтування запропонованих в роботі технологічних рішень

Базовий технологічний процес виготовлення деталі «вал-шестерня приводу насоса» був розроблений з розрахунком особливостей середньосерійного виробництва. Ступінь автоматизації базового технологічного процесу дуже мала, до того ж були похибки в прийнятій технологічній документації. Завдяки технологічним рішенням, представленим в цьому випускній кваліфікаційної роботи, вдалося збільшити ступінь автоматизації технологічного процесу. Використання САПР дозволяє автоматизувати розробку технологічної документації, своєчасно вносити правки в креслення деталей і пристосування, що значно скорочує робочий час. Застосування спеціального верстатного пристосування для фрезерування пазів шпон деталі «вал-шестерня приводу насоса» дозволяє збільшити ступінь точності виготовлення деталі, зменшити допоміжний час на установку і наладку верстатів.

Перепланування ділянки механічної обробки деталі «вал-шестерня приводу насоса» дозволяє скоротити час на транспортування деталі між технологічними етапами обробки.

Якість виробу забезпечується завдяки побудові технологічного процесу з поступовим переходом від чорнових операцій до оздоблювальних, в поєднанні з різними методами термічного впливу. Оптимально підібрані схеми базування заготовок знижують похибка установки і підвищують точність геометричних розмірів і взаємного розташування поверхонь.

3.3 Організація робочого місця верстатника

Робоче місце верстатника - це ділянка виробничої площі цеху, на якій розташовано верстат з комплектом пристосувань, допоміжного і ріжучого інструменту, а також технічна документація та інші предмети і матеріали, що знаходяться безпосередньо в розпорядженні робітника. Робоче місце є основною ланкою будь-якої виробничої структури, де виробляють механічну обробку на верстатах, тому дуже важливо, щоб воно було раціонально організовано.

Правильне розміщення устаткування є основною ланкою в організації безпечної роботи виробничої дільниці і цеху. При розміщенні обладнання необхідно дотримуватися встановлених мінімальні розриви між верстатами, між верстатами і окремими елементами будівлі, правильно визначати ширину проходів та проїздів. Невиконання правил і норм розміщення обладнання призводить до захаращення приміщень і травматизму.

Розміщення металорізальних верстатів, слюсарних верстаків та іншого обладнання в цехах холодної обробки приймається таким, щоб відстань між окремими верстатами або групами верстатів були достатніми для вільного проходу робітників.

Ширина проходів та проїздів призначається залежно від розташування обладнання, характеру руху, способу транспортування і розмірів деталей, але при всіх умовах повинна бути не менше 1 м. Для перевезення вантажів автомашинами влаштовуються проїзди шириною 3,5 м. Захаращення проходів та проїздів, а також робочих місць різними предметами забороняється.

Проходи і проїзди потрібно утримувати в чистоті і порядку, межі їх зазвичай відзначаються білою фарбою або металевими світлими кнопками. Ширина робочої зони повинна бути не менше 0,8 м.

Виробнича естетика. Основною метою виробничої естетики є досягнення естетичної досконалості трудовий обстановки, що сприяє безпеці, більш високої продуктивності праці і гарному настрою працюючих.

Основні питання ергономіки:

- У корпусі верстата повинні бути приховані всі рухомі частини, що робить його обриси більш спокійними і приємними для ока.
- На гладких, обтічних поверхнях не повинно бути скупчення пилу і бруду.
- Зовнішня поверхня машин повинна мати суцільний плавний контур, не мати гострих кутів, западин, виступів і т. д.

Машини фарбують в світлі і спокійні тони. Необдумана пофарбування обладнання та заводських приміщень завдає шкоди здоров'ю робітників, знижує дієвість заходів по техніці безпеки. Найбільш сприятливими для ока вважаються кольору середньохвильових ділянок спектра, в першу чергу, зелений і жовтий, причому в загальній картині цеху кольору повинні утворювати красиві поєднання, гармонійно пов'язані між собою і тим самим створюють найбільш сприятливі умови для роботи.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні положення

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності (*ч. 1 ст. 1 Закону про охорону праці*).

Дія Закону про охорону праці поширюється на всіх роботодавців (як юридичних, так і фізичних осіб) і всіх працівників.

Працівники мають дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих людей в процесі виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території підприємства.

Знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з ОП, правила поведіння з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;

Працівники мають проходити у встановленому законодавством порядку попередні та періодичні медичні огляди.

Працівник має право відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я, для людей, які його оточують, або для виробничого середовища чи довкілля (*ч. 2 ст. 6 Закону про охорону праці*). Він зобов'язаний негайно повідомити про це безпосереднього керівника або роботодавця.

Заборонено використовувати працю осіб молодше 18 років на важких роботах і на роботах із шкідливими та небезпечними умовами праці, а також на підземних роботах.

Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, милом, молоком, солоною водою та інше.

4.2 Вимоги безпеки перед початком роботи

Необхідно пройти інструктаж на робочому місці.

Отримати для виконання робіт спецодяг, засоби індивідуального захисту, інструмент, пристосування і перевірити їх комплектність та цілість.

Підготувати робоче місце: прибрати зайві речі, перевірити достатність освітлення робочого місця; у разі роботи за верстатом впевнитись у справності дерев'яного гратчастого настилу.

Під час рубання на верстаті встановити суцільний (або з сітки з вічком 3 мм) щиток заввишки не нижче 1 м для захисту від частинок, що відлітають.

При роботі на верстаті такі щитки ставляться з обох боків посередині верстата.

Інструмент повинен відповідати таким вимогам:

- молотки і кувалди мають бути надійно посаджені на ручки овальної форми з потовщенням до вільного кінця, закріплені на ручках сталевими плішками із зазублинами, а робоча частина повинна мати гладку випуклу поверхню;

- інструмент, що має загострені хвостовики (терпуг, ножівка, шабер) повинні мати справні ручки з бандажними кільцями, які захищають їх від розколювання;

- на інструменті ударної дії не повинно бути вибоїн, сколів, задирок, гострих ребер на бокових гранях у місцях тримання їх рукою, тріщин та зазублин і сколів на затилковій частині;

- зубило повинно мати довжину не менше 150 мм, а його відтягнена частина 60-70 мм; різальна кромка зубила має бути прямою чи з ледь вигнутою поверхнею;

- на слюсарно-монтажному інструменті з ізольованими ручками зовні і всередині ізоляції не повинно бути раковин, пухирів та надрізів.

4.3 Вимоги безпеки під час роботи

Виконувати тільки ту роботу, яка має бути за учбовим планом.

Вмикати і вимикати електронне обладнання тільки вимикачами, забороняється проводити вимкнення вийманням вилки з розетки.

Забороняється знімати захисні кожухи з обладнання та працювати без них.

Не палити на робочому місці.

Суворо виконувати загальні вимоги по електробезпеці та пожежній безпеці.

Електронне обладнання, технічні засоби навчання необхідно використовувати у суворій відповідальності з експлуатаційною документацією до нього.

Про всі несправності та збої в роботі устаткування та апаратури, або їх відсутності необхідно повідомити безпосередньо керівника.

4.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

У разі виникнення аварійної ситуації необхідно негайно припинити роботу, вжити заходів до евакуації людей з небезпечної зони.

Доповісти про те, що трапилося, керівникові відділу, ділянки.

При необхідності викликати швидку допомогу, пожежну команду.

4.5 Вимоги безпеки після закінчення роботи

Після роботи негайно вимкнути усі електрообладнання.

Прибрати робоче місце.

Зняти спецодяг, вимити руки і вмитися з милом.

Покинути робоче місце з дозволу майстра.

ВИСНОВКИ

У випускній кваліфікаційній роботі виконаний аналіз конструкції деталі, включаючи аналіз службового призначення деталі, аналіз технологічності конструкції. Проведено розмірний аналіз креслення деталі. Визначено тип виробництва.

Розроблено варіант технологічного процесу виготовлення деталі, в якому виконані: аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі «вал-шестірня приводу насоса», проведено аналіз варіантів отримання заготовки, проведений розрахунок припусків, режимів різання і норм часу.

Спроектовано спеціальне верстатне пристосування для фрезерування шпонкових пазів, що дозволить підвищити точність обробки і скоротити робочий час на підготовку до технологічної операції.

Змінено розташування верстатів на ділянці механічної обробки деталі «вал-шестірня приводу насоса».

В результаті проведеного аналізу базового технологічного процесу виготовлення вала-шестірні, були спроектовані технологічні операції, такі як: фрезерно-центрувальна, попередня токарна обробка, чистова токарна обробка на верстаті з ЧПУ, обробка на верстатах фрезерної групи таких елементів, як шпонкові пази, отвір, зуби, шліци.

В ході роботи були вирішені поставлені технологічні завдання, розроблено оптимальні умови обробки, продумана ефективність в досягненні кращого результату з найменшими виробничими витратами.

Для виконання роботи використовувалися такі програми як: Microsoft Word, Microsoft Excel, Mathcad 2000, КОМПАС 5.11.03, Microsoft PowerPoint.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Анурьев В.І. Довідник конструктора-машинобудівника. Довідник: в 3 т. / В.І. Анурьев; під ред. І.М. Жесткова. - 8-е изд., Перераб і доп. - М.: Машинобудування, 2001. - 2696 с.
2. Болдирєв А.І. Основи технології машинобудування: лабораторний практикум: навч. посібник / А.І. Болдирєв, А.А. Болдирєв. - Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронезький державний технічний університет», 2011. - 181 с.
3. Горбацевич, А. Ф. Курсове проектування з технології машинобудування: навч. посібник / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. - Мінськ: Вища. шк., 1983 - 126 с.
4. Кочергін, І. А. Конструювання і розрахунок металорізальних верстатів і верстатних комплектів. Курсове проектування: навч. посібник для вузів / І. А. Кочергін. - Мінськ: Вища. шк., 1991. - 382 с.
5. Устаткування й нормативи часу допоміжного, на обслуговування робочого місця і підготовчо-заключного для технічного нормування верстатних робіт. Серійне виробництво. - 2 е изд. - Мінськ: Машинобудування, 1974. - 421 с.
6. Устаткування й нормативи часу і режимів різання для нормування робіт, що виконуються на універсальних та багатоцільових верстатах з числовим програмним управлінням. Частина 1. - Мінськ: Економіка, 1990. - 43 с.
7. 40Х сталь [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.manual-steel.ru/40H.html>. - Дата доступу: 15.05.2017.
8. Довідник технолог-машинобудівника. У 2 т. Т. 1 / під ред. А. Г. Косилової, Р. К. Мещерякова. - Москва: Машинобудування, 1986. - 656 с.
9. Довідник технолога-машинобудівника. У 2 т. Т. 2 / за ред. А. Г. Косилової, Р. К. Мещерякова. - Москва: Машинобудування, 1985. - 496 с.
10. Бабук, В. В. Дипломне проектування за технологією машинобудування: навч. посібник / В. В. Бабук. - Мінськ: Вища. шк., 1979. - 217 с.
11. Основи проектування цехів машинобудівних заводів: навчальний посібник В.А. Сай, В.В. Бородкін, В.Б. Бочаров і ін. - Воронеж: ГОУВПО «Воронезький

державний технічний університет», 2010. - 176 с.

12. Норенков І.П. Автоматизоване проектування: навч. посібник / І.П. Норенков. - М.: Изд-во МГТУ ім. Н.е. Баумана, 2000. - 188 с.

ДОДАТКИ