

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії
Кафедра машинобудування та прикладної механіки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему: Розробка технологічного процесу виготовлення деталі
«Вал-шестерня» в умовах багатосерійного виробництва

Студента IV курсу групи ПМЕ-17д

спеціальності: 131 Прикладна механіка

Аділов Е. Р.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник роботи

к.т.н. Шумакова Т.О.

*(вчене звання, науковий ступінь,
прізвище та ініціали)*

(підпис)

Завідувач кафедри

проф., д.т.н. Соколов В.І.

*(вчене звання, науковий ступінь,
прізвище та ініціали)*

(підпис)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії

Кафедра машинобудування та прикладної механіки

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
д.т.н., проф. Соколов В.І.

« _____ » _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА
студенту

Аділову Ельдару Руслановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка технологічного процесу виготовлення деталі
«Вал-шестерня» в умовах багатосерійного виробництва

керівник роботи Шумакова Тетяна Олександрівна

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

затверджені наказом по університету від «__» _____ 2021 року

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані роботи: Кресленик приводу насосу. Матеріал деталі. Річна програма випуску деталі

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Реферат. Вступ. Опис технологічного обладнання. Розробка технологічного процесу деталі «Вал-шестерня». Проектно-конструкторський розрахунок пристосування. Висновки. Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників): 1. Кресленик деталі «Вал-шестерня». 2. Робочий кресленик заготовки деталі. 3. Наладка інструментальна 4. Креслення пристосування.

6. Консультанти розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «__» _____ 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Згідно з календарним планом – графіком, затвердженим кафедрою машинобудування та прикладної механіки, що до виконання бакалаврських робіт		

Студент

.....
(підпис)

Аділов Е. Р.

.....
(прізвище та ініціали)

Керівник бакалаврської роботи

.....
(підпис)

Шумакова Т.О.

.....
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра 58 с., 16 рис., 10 табл ..
12 джерел, 4 аркуші графічної частини формату А1

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

Об'єктом проектування є технологічний процес виготовлення деталі «Вал-шестерня» приводу насоса.

Метою випускного кваліфікаційного проектування є розробка технологічного процесу виготовлення деталі вал-шестерня приводу насоса.

У випускній кваліфікаційній роботі бакалавра виконано аналіз конструкції деталі, проведено аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі вал-шестерня. Виконано аналіз варіантів отримання заготовки, як заготовки обрано прокат. Розроблено технологічний маршрут обробки деталі, виконано розрахунок припусків, режимів різання і норм часу по операціях механічної обробки.

Розроблена програма, для управління верстатом з ЧПК, оформлена супровідна документація.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	8
1.1 Конструкторсько-технологічний аналіз вузла, складовою частиною якого є «Вал-шестерня» приводу насоса	8
1.2 Розробка твердотільної моделі деталі «Вал-шестерня»	9
2 ВИРОБНИЧО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	12
2.1 Оцінка технологічності конструкції деталі	12
2.2 Встановлення типу виробництва	16
2.3 Аналіз базового технологічного процесу	18
2.4 Вибір заходів щодо оптимізації базового технологічного процесу	19
2.5 Вибір типу заготовки	19
2.6 Призначення технологічних баз і оцінка точності базування	21
2.7 Розробка плану обробки і маршруту операцій технологічного процесу обробки деталі «Вал-шестерня» приводу насоса	23
2.8 Вибір моделей устаткування	25
2.9 Аналітичний розрахунок технологічних параметрів	28
2.9.1 Призначення припусків	28
2.9.2 Розрахунок режимів різання для шпонково-фрезерувальних операцій	34
3 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПРИСТОСУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО	38
3.1 Опис конструкції і розрахунок спеціальних засобів технологічного оснащення	38
3.2 Силовий розрахунок пристосування	38

3.3 Розрахунок пристосування на точність одержуваних розмірів і точність базування заготовки	43
4 АВТОМАТИЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	48
4.1 Використання САЕ систем для вирішення технологічних задач	48
4.2 Проектування операційної технології з розробкою керуючих програм і віртуальним моделюванням обробки для верстатів з ЧПУ в САПР	49
ВИСНОВОК	55
Список використаної літератури	57

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 ЧПК, 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 дипломного проекту є проектування технологічного процесу виготовлення деталі вал-шестерня приводу насоса.

Завдання дипломного проекту:

- 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 ЧПК.

1 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

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

Деталь «Вал-шестерня» 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-поступового 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-шестерня приводу насоса є відповідальною деталлю. Міцність валу визначає механічну надійність машини в експлуатації. Прямолінійність і міцність валу залежать не тільки від правильного розрахунку і вибору конструктивних розмірів, але і від технологічних процесів обробки валу та 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 валу 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-шестерня 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 – Механические свойства стали 40Х ГОСТ 4543-71

б, МПа	бв, МПа	δ, %	Ψ, %	КСУ, Дж/м ²	НВ (не более)
780	980	10	45	59	248

1.2 Розробка твердотільної моделі деталі «Вал-шестерня»

Для створення твердотільної моделі деталі «Вал-шестерня» використовується програма для автоматизованого проектування КОМПАС-3D V16.1 виробництва компанії АСКОН. В якості допоміжного модуля використовується додаток «Вали і механічні передачі 3D».

При створенні твердотільної моделі деталі «Вал-шестерня» приводу насоса використовується операція обертання по заданому ескізу. В якості альтернативи допускається використовувати операцію видавлювання по заданому ескізу - в даному випадку ескізом буде окружність заданого діаметра, зазначена на кресленні деталі. Таким же способом будується вся поверхня деталі «Вал-шестерня» приводу насоса. Подальші операції - створення шестерні, шпонкових і шліцьових з'єднань будуть створені за допомогою додаткової бібліотеки «Вали

і механічні передачі 3D». Вікно розрахунку і створення шліцьових з'єднань надано на рис. 1.1.

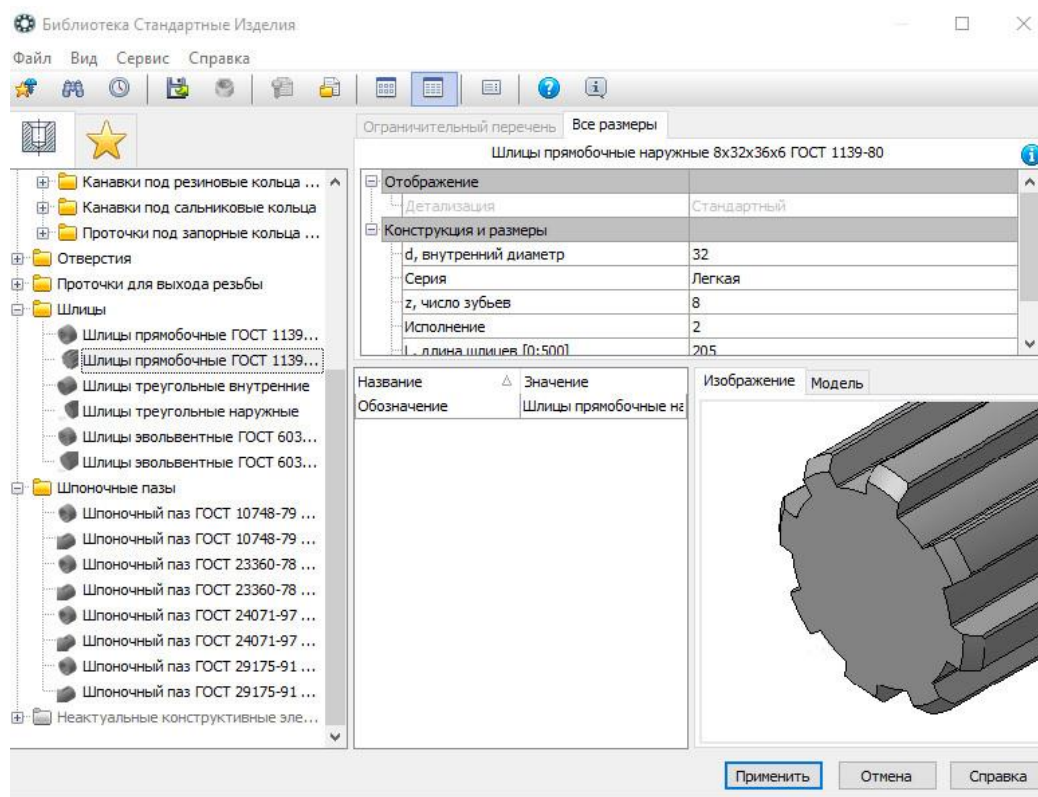


Рисунок 1.1 – Створення шліцьових з'єднань за допомогою бібліотеки стандартних виробів

Для автоматичного створення шестерні для заданої деталі використовується меню «Менеджер бібліотек - Вали і механічні передачі 3D - Механічні передачі - Шестерня конічна з прямим зубом», меню представлено на рис. 1.2.

Додаткова бібліотека для програми Компас 3D може так само використовуватися для створення стандартних різномісних елементів, таких як шпонковий паз. Для створення паза в програмі для автоматизованого проектування твердотільних моделей необхідно вибрати площину деталі і ввести параметри паза. Розраховуються параметри будуть обрані відповідно і прийнятими стандартами.

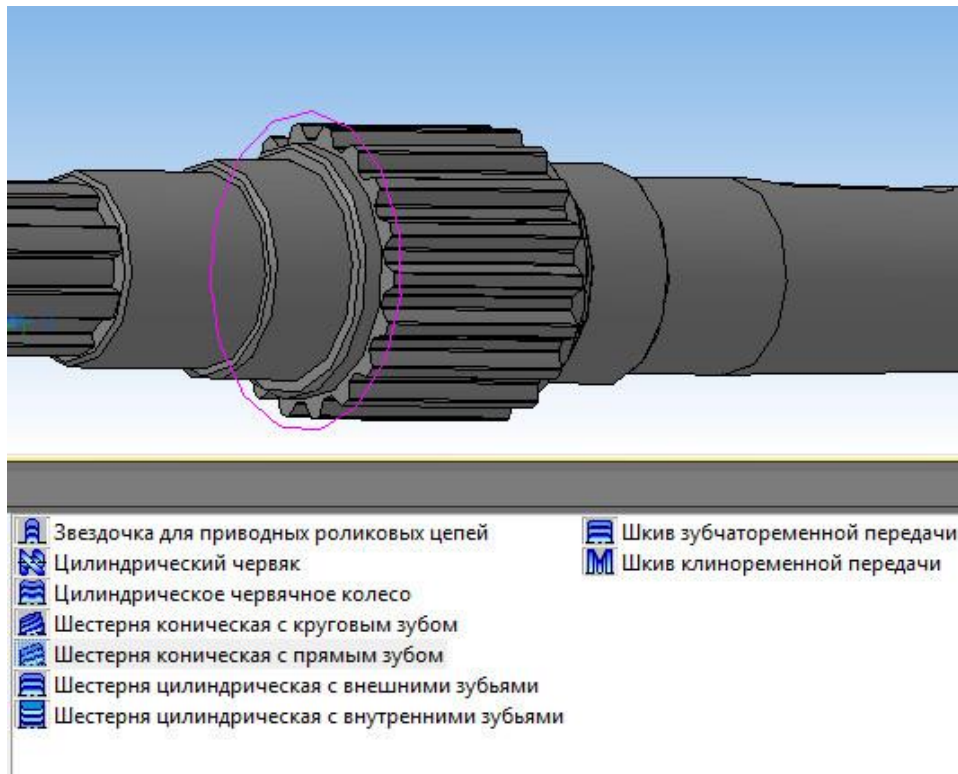


Рисунок 1.2 – Бібліотека механічних передач для розрахунку конічної прямозубої шестерні

Твердотільна модель деталі «Вал-шестерня» з виконаними канавками і шпонковими пазами представлена на рис. 1.3.

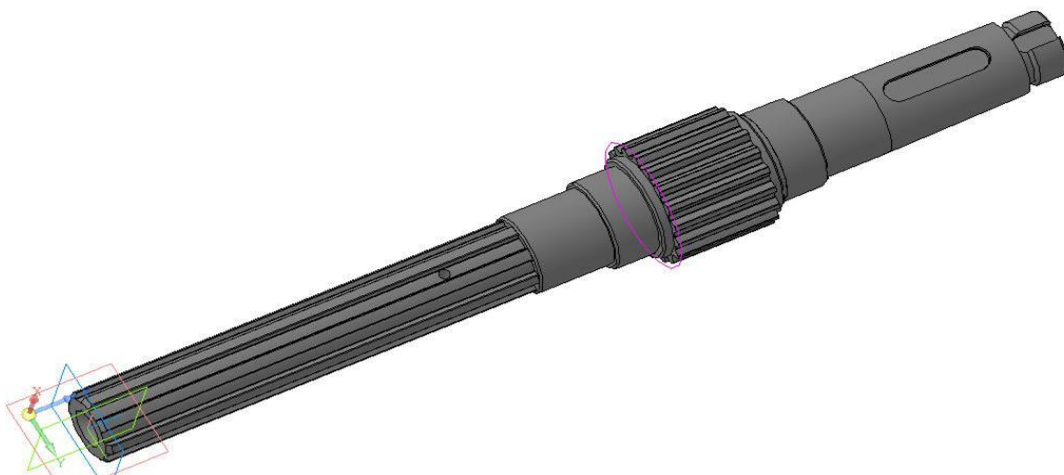


Рисунок 1.3 – Зображення ттвердотільної 3D моделі деталі «Вал-шестерня» приводу насоса

2 ВИРОБНИЧО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

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.

2.1 Оцінка технологічності конструкції деталі

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 кресленика деталі, умов роботи даної деталі в конструкції, а також з урахуванням того, що конструкція деталі достатньо добре відпрацьована в умовах поточного виробництва, недоцільно проводити заміну матеріалу, так як наявний повністю задовольняє вимогам міцності, властивостям і оброблюваності.

Зовнішні поверхні деталі можуть бути використані в якості встановчих 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. 2.1.

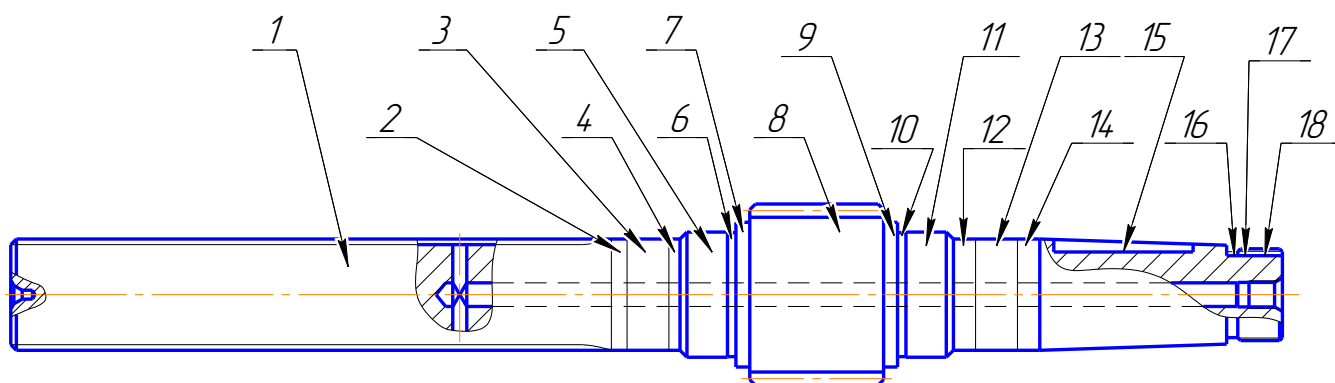


Рисунок 2.1 – Робочі поверхні деталі

Технічні вимоги до деталі містять всю необхідну інформацію, що стосується службового призначення деталі і відомості відносяться безпосередньо до кресленика. 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:

- поверхню 1 виконана у вигляді шліцьової частини;
- поверхню 2 є несучою, тому жорстких вимог до неї не пред'являється;
- поверхню 3 використовується для зовнішнього контакту з внутрішньою поверхнею манжети. Тому до неї висуваються жорсткі вимоги. Поверхня полірується до досягнення шорсткості $Ra=0,32$ мкм;
- поверхню 4 є несучою, тому жорстких вимог до неї не пред'являється;
- поверхню 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 круга. Жорстких вимог до неї пред'являти недоцільно;

– поверхню 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 сторонах зубів і їх взаємного розташування пред'являють ряд вимог як за точністю розташування, так і за якістю поверхні ($R_a = 2,5$ мкм);

– поверхню 9 є несучою і пред'являти жорсткі вимоги до неї не потрібно;
– поверхню 10 Виконана у вигляді канавки, яка потрібна для виведення шліфувального круга. Жорстких вимог до неї пред'являти недоцільно;

– поверхню 11 є несучою і призначена для посадки підшипника. Тому до неї висуваються жорсткі вимоги. Поверхня шліфується до досягнення шорсткості $R_a = 1,25$ мкм;

– поверхню 12 є несучою, тому жорстких вимог до неї не пред'являється;
– поверхню 13 використовується для контакту з внутрішньою поверхнею манжети. Тому до неї висуваються жорсткі вимоги. Поверхня полірується до досягнення шорсткості $R_a = 0,32$ мкм;

– поверхню 14 є несучою, тому жорстких вимог до неї не пред'являється;
– поверхню 15 представлена у вигляді паза, який призначений для передачі крутного моменту від валу-шестерні до ремінному шківу $R_z 20$ мкм;

– поверхню 16 представлена канавкою, яка служить для виведення резьбонарезного різця;

– поверхню 17 виконана у вигляді паза для посадки стопорною шайби $R_z = 40$ мкм;

– поверхню 18 являє собою різьблення під гайку, яка служить для стиснуті шківу $R_a = 2,5$ мкм.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі визначається за формулою (2.1) [10, с.34].

$$K_{y.E} = \frac{Q_{y.E}}{Q_E} = \frac{52}{58} = 0,896 \quad , \quad (2.1)$$

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

Q_e – загальне число конструктивних елементів деталі, шт.

Деталь технологічна, так як значення показника отриманого коефіцієнта уніфікації більше 0,65, що за коефіцієнтом технологічності деталі задовольняє вимогам [10, стр. 178, дод. 12].

Коефіцієнт використання матеріалу визначається за формулою (2.2) [10, с.33].

$$K_{в.м} = \frac{m_d}{m_з} = \frac{4,7}{6,23} = 0,75 \quad , \quad (2.2)$$

де m_d – маса деталі, кг;

$m_з$ – маса заготовки, кг.

У багатосерійному і масовому виробництві $K_m = 0,85 \dots 0,9$. Деталь технологічна, так як значення отриманого показника коефіцієнта використання матеріалу задовольняє вимогам [10, стр. 178, прил. 12].

Коефіцієнт точності обробки визначається за формулою (2.3) [10, С.33].

$$K_{Т.ч} = 1 - \left(\frac{1}{A_{cp}} \right) = 1 - \left(\frac{1}{3,2} \right) = 0,687 \quad , \quad (2.3)$$

де A_{cp} – середній квалітет точності.

Середній квалітет точності визначається за формулою (2.4):

$$A_{cp} = \frac{\sum An_i}{\sum n_i} = \frac{(11 \cdot 3 + 15 + 13 \cdot 2 + 9 \cdot 7 + 7 \cdot 3 + 12 + 8 + 6)}{58} = 3,2 \quad (2.4)$$

Деталь нетехнологічна, так як значення показника більше 0,8. За коефіцієнтом технологічності деталі не задовольняє вимогам [10, стр. 178, прил. 12].

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.

2.2 Встановлення 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 $m = 4,6 \text{ кг}$ і річної програми випуску деталей $B = 9000 \text{ шт.}$

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 (2.5)

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт(шт-к)}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з,н}}, \quad (2.5)$$

де N – річна програма, шт.;

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

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

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

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця і кількість операцій, що виконуються на робочому місці за формулою:

$$\eta_{3,\Phi} = \frac{m_p}{P}, \quad (2.6)$$

де P – прийнята кількість верстатів.

Кількість операцій, що виконуються на робочому місці, визначається за формулою (2.7):

$$O = \frac{\eta_{3,H}}{\eta_{3,\Phi}}, \quad (2.7)$$

Розраховані значення для всіх операцій заносимо в зведену таблицю 2.1

Таблиця 2.1 – Розрахункові дані для уточнення типу виробництва

Операція	$T_{шт}$, хв	m_p	P	$\eta_{3,\Phi}$	O
1	2	3	4	5	6
Фрезерно-центрувальна	1,50	0,070	1	0,070	12,2
Токарна	1,47	0,068	1	0,068	12,4
Токарна	1,04	0,049	1	0,049	17,5
Токарна з ЧПК	3,86	0,180	1	0,180	4,7
Токарна з ЧПК	1,86	0,087	1	0,087	9,8
Шпонко-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
Всього			11		83,7

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

Визначимо коефіцієнт закріплення операцій за формулою:

$$K_{3.0} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P}, \quad (2.8)$$

де P – прийнята кількість верстатів.

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

За ГОСТ 3.1121-84 коефіцієнтом закріплення операцій $K_{3.0} = 7,6$ відповідає багатосерійному виробництву ($K_{3.0} = 1 \dots 10$).

2.3 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 заготівлі – прокату.

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

Устаткування для виготовлення деталі «Вал-шестерня» 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.

2.4 Вибір заходів щодо 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 шпонково-фрезерних операції 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.

2.5 Вибір типу заготовки

Головним при виборі заготовки є забезпечення заданої якості готової деталі при її мінімальній собівартості. Техпроцеси 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:

$$C_1 = M + \sum C_{\text{тех}}, \quad (2.9)$$

де M – витрати на матеріал заготовки, грн.;

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

Витрати на матеріал заготовки M , грн., Визначаються за формулою:

$$M = m_3 \cdot \frac{S}{1000} - (m_3 - m_0) \cdot \frac{S_{\text{омх}}}{1000}, \quad (2.10)$$

де m_3 – маса заготовки, кг;

S – вартість 1т матеріалу заготовки, руб. [3, с. 30];

m_0 – маса готової деталі, кг;

$S_{\text{омх}}$ – вартість 1т відходів, грн. [3, С. 32]

$$M = 1,6 \cdot \frac{2400000}{1000} - (13,9 - 4,7) \cdot \frac{240000}{1000} = 1632 \text{ грн.}$$

Визначаємо технологічну собівартість $C_{\text{тех}}$, грн., за формулою (2.11):

$$C_{\text{тех}} = \frac{C_{\text{п.з.}} \cdot T_{\text{шт-к}}}{60}, \quad (2.11)$$

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

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

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{L_{\text{рез}} + l_1 + l_2}{S_m} \cdot i, \quad (2.12)$$

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

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

$l_1 + l_2$ – розмір врізання, мм; $l_1 + l_2 = 5 \text{ мм}$; [4, с.11];

S_m – хвилинна подача при розрізанні, мм/хв;

$S_m = 60 \text{ мм/хв}$; [4, с.12];

i – коефіцієнт, що показує частку допоміжного часу в штучному;
 $i = 1$ [4, С.12].

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

$$C_{тех} = \frac{3525 \cdot 1,25}{60} = 73,44 \text{ грн.}$$

$$C_1 = 1632 + 73,44 = 1705 \text{ грн.}$$

Заготівля, одержувана куванням, обчислюється за формулою (2.13)

$$S_{заг} = \left(\frac{S}{1000} \cdot m_3 \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} \right) - (m_3 - m_0) \cdot \frac{S_{омл}}{1000}, \quad (2.13)$$

де K_T – коефіцієнт, що залежить від класу точності; $K_T = 1$; [3, С.33];

K_C – коефіцієнт, що залежить від групи складності; $K_C = 1$; [3, С.35];

K_B – коефіцієнт, що залежить від маси; $K_B = 1,1$; [3, с.25];

K_M – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу; $K_M = 1,08$; [3, С.33];

K_{II} – коефіцієнт, що залежить від обсягу виробництва; $K_{II} = 0,8$; [3, С.36].

$$S_{заг} = \left(\frac{320000}{1000} \cdot 6,226 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,08 \cdot 0,8 \right) - (6,226 - 4,7) \cdot \frac{24000}{1000} = 1856,8 \text{ грн.}$$

Економічний ефект $E_{ЗАГ}$, грн., обчислюють за формулою (2.14):

$$E_{ЗАГ} = (S_1 - S_2) = (1705 - 1856,8) \cdot 6000 = -1686,3 \text{ грн.} \quad (2.14)$$

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

2.6 Призначення технологічних баз і оцінка точності базування

Для кожної операції призначаються технологічні бази, вибрані з урахуванням використовуюваного 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 слід, 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 2.2

Таблиця 2.2 - Вибір технологічних баз

№ операції Назва операції	Обладнання	Технологічні бази
1	2	3
005 Фрезерно-центрувальна	Фрезерно-центрувальний верстат 2Г942	Поверхня заготовки Ø70, Торець
010 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Центрові отвори
015 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Центрові отвори
025 Токарно-гвинторізна с ЧПК	Токарно-гвинторізний верстат с ЧПУ 16К20Ф3	Центрові отвори
030 Токарно-гвинторізна с ЧПК	Токарно-гвинторізний верстат с ЧПУ 16К20Ф3	Центрові отвори
035 Фрезерувальна	Фрезерувальний верстат 6Р13Ф3	Центрові отвори
040 Шліцьо-фрезерувальна	Фрезерувальний верстат 6Р13Ф3	Центрові отвори
045 Зубо-фрезерувальна	Фрезерувальний верстат 5В312	Центрові отвори
050 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Поверхня Ø40
060 Зубо-шевінгувальна	Шліфувальний GearSpect SBO 340	Поверхня Ø40

1	2	3
065 Круглошліфувальна	Круглошліфувальний верстат 3М151Ф2	Центрові отвори
070 Токарно- гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Центрові отвори
075 Свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н150	Поверхня $\varnothing 40$

Похибка установки ε_y при базуванні заготовки в трьохкулачкові патроні залежить від величини можливого її зміщення в момент додатка силового замикання. При чорновій токарної обробки деталь встановлюється в самоцентруючий трьохкулачковий патрон; величини похибки установки слід визначити за формулою (2.15) [1, табл.19-24, стр. 66]

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{y.ос.}^2 + \varepsilon_{y.рад.}^2} \quad , \quad (2.15)$$

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

$\varepsilon_{y.рад.} = 200$ мкм. – величина можливого зсуву заготовки в радіальному напрямку.

$$\varepsilon_y = \sqrt{130^2 + 200^2} = 239 \text{ мкм}$$

Похибка установки на наступних переходах при базуванні заготовки в центрах приймається рівною нулю.

$$\varepsilon_{y2} = \varepsilon_{y3} = 0.$$

2.7 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 2.3

Таблиця 2.3 – Прийнятий маршрутний технологічний процес

№ операції Назва операції	Обладнання	Ріжучий інструмент	Технологічні бази
1	2	3	4
005 Фрезерно-центрувальна	Фрезерно-центрувальний верстат 2Г942	Фреза торцева Т15К6 ГОСТ 6396-78; свердло центрове Р6М5 ГОСТ 14952-75	Поверхня заготовки Ø70, Торець
010 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Різець прохідний відігнутий Т15К6 ГОСТ 18881-73	Центрові отвори
015 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Різець прохідний відігнутий Т15К6 ГОСТ 18881-73	Центрові отвори
020 Термічна			
025 Токарно-гвинторізна с ЧПК	Токарно-гвинторізний верстат с ЧПК 16К20Ф3	Різець прохідний відігнутий Т15К6 ГОСТ 18881-73, різець канавковий ГОСТ 20872-80	Центрові отвори
030 Токарно-гвинторізна с ЧПК	Токарно-гвинторізний верстат с ЧПК 16К20Ф3	Різець прохідний відігнутий Т15К6 ГОСТ 18881-73, різець канавковий, ГОСТ 20872-80, різець різьбовий ГОСТ 18885-73	Центрові отвори

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
035 Фрезерувальна	Фрезерувальний верстат 6P13Ф3	Шпонкова фреза Т15К6 ГОСТ 6396- 78, Свердло спіральне ГОСТ 2034-80	Центрові отвори
040 Шліцьо- фрезерувальна	Фрезерувальний верстат 6P13Ф3	Черв'ячна фреза для шліцьових валів Р6М5 ГОСТ 8072-60	Центрові отвори
045 Зубо- фрезерувальна	Фрезерувальний верстат 5В312	Черв'ячна фреза ГОСТ 9324-80	Центрові отвори
050 Токарно- винторезная	Токарно- гвинторізний верстат 16К20	Свердло спіральне ГОСТ 2034-80	Поверхня Ø40
055 Термічна			
060 Зубо- шевінгувальна	Шліфувальний верстат GearSpect SBO 340	Круг шліфувальний ГОСТ 2424-83 400×16×203	Поверхня Ø40
065 Кругло- шліфувальна	Круглошліфувальний верстат 3М151Ф2	Круг плоский шліфувальний ГОСТ 2425-70 ПП600х60х305	Центрові отвори
070 Токарно- винторезная	Токарно- гвинторізний верстат 16К20	Алмазна голівка	Центрові отвори
075 Свердлильна	Вертикально- свердлильний верстат 2Н150	Зенкер ГОСТ 12489- 71, мітчик ГОСТ 3266-81	Поверхня Ø40
080 Контрольна	Стіл ОТК		

2.8 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.

Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК 16K20Ф3 призначено для токарної обробки в автоматичному режимі зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей типу тіл обертання із ступінчастим і криволінійним профілем різної складності за заздальгідь складеною керуючою 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 2.4.

Для шліфування зубів деталі «Вал-шестерня» приводу насоса обраний новий високопродуктивний верстат з ЧПК GearSpect SBO 340 CNC Basic - високопродуктивний верстат сучасної конструкції з 7-ю керованими осями, динамічним балансуванням кола і потужною системою охолодження для високошвидкісного шліфування. Зубошліфувальний верстат з 7-ю керованими осями, працює на принципі безперервного шліфування методом обкатки при одночасній тангенціальній подачі заготовки. Швидкість різання до 35 м/с. 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 з ЧПК GearSpect SBO 340 CNC Basic представлені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.4 – Характеристики токарно-гвинторізного верстата с ЧПК 16K20Ф3

Технічні характеристики	Параметри
Діаметр обробки над станиною	500мм.
Діаметр обробки над супортом	200мм.
Діаметр циліндричного отвору в шпинделю	55мм.
Найбільший поперековий хід супорту	210мм.
Найбільший повздовжній хід супорту	905мм.
Потужність електродвигуна головного руху	11кВт
Габаритні розміри верстату (Д×Ш×В), мм	3700 × 2260 × 1650
Маса верстату, кг	4000

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики верстата з ЧПК 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 за ГОСТ1643-81	4

2.9 Аналітичний розрахунок технологічних параметрів

2.9.1 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 $\varnothing 65,11 \begin{pmatrix} 0 \\ -0,1 \end{pmatrix}$ 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; [9, с.66];

Точіння чорнове: $Rz=50$ мкм; [9, с.67]; $T=50$ мкм; [9, с.67];

Точіння чистове: $Rz=30$ мкм; [9, с.67]; $T=30$ мкм; [9, с.67];

Шліфування: $Rz=10$ мкм; [9, с.67]; $T=20$ мкм; [9, с.67];

Просторове відхилення заготовки валу (ρ_3 , мкм) обчислюється за формулою (2.16)

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_K^2 + \rho_u^2} = \sqrt{458^2 + 0,25^2} = 458 \text{ мкм}, \quad (2.16)$$

де ρ_u - зміщення осі заготовки в результаті похибки центрування, мкм;

Використовуючи довідкову інформацію, знаходимо $\rho_u = 250$ мкм [9, с.73].

Сумарне відхилення розташування заготовки деталі при обробці прокату в центрах, мкм, обчислюють за формулою (2.17),

$$\rho_K = \Delta_K \cdot l = 1 \cdot 458 = 458 \text{ мкм}, \quad (2.17)$$

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

$\Delta_K = 1$ мкм/мм [9, с.72];

l - довжина зміщується частини заготовки, мм.

Просторове відхилення для чорного точіння заготовки:

$$\rho_{\text{ТОЧ.ЧЕРН}} = \rho_{\text{ЗАГ}} \cdot 0,05 = 458 \cdot 0,05 = 22,9 \text{ мкм} \quad (2.18)$$

Просторове відхилення для чистового точіння заготовки:

$$\rho_{\text{ТОЧ.ЧИСТ.}} = \rho_{\text{ЗАГ}} \cdot 0,04 = 458 \cdot 0,04 = 18,3 \text{ мкм} \quad (2.19)$$

Просторове відхилення для шліфування:

$$\rho_{\text{ШЛИФ.}} = \rho_{\text{ЗАГ}} \cdot 0,03 = 458 \cdot 0,03 = 13,7 \text{ мкм} \quad (2.20)$$

Мінімальні значення припусків, мкм, обчислюються за формулою:

$$2Z_{\text{min}} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \quad (2.21)$$

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

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

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

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

Обчислюємо найменші між операційні розміри і розмір заготовки:

- після чистового шліфування:

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

- після чорного шліфування:

$$d_{\text{min.шлиф.черн.}} = d_{\text{min.шлиф.}} + 2Z_{\text{min.шлиф.}} = 65,01 + 0,08 = 65,09 \text{ мм} \quad (2.22)$$

- після чистового точіння:

$$d_{\text{min.точен.черн.}} = d_{\text{min.точен.черн.}} + 2Z_{\text{min.точен.черн.}} = 65,09 + 0,1474 = 65,237 \text{ мм} \quad (2.23)$$

- після чорного точіння:

$$d_{\text{min.точен.чист.}} = d_{\text{min.точ.чист.}} + 2Z_{\text{min.точ.}} = 65,237 + 0,237 = 65,474 \text{ мм} \quad (2.24)$$

- розмір заготовки:

$$d_{\text{min.заг.}} = d_{\text{min.заг.}} + 2Z_{\text{min.заг.}} = 65,474 + 1,096 = 67,19 \text{ мм} \quad (2.25)$$

Встановлюємо допуски на міжопераційні розміри і розмір заготовки:

- на чистове шліфування $IT_{\text{Ш.О}} = h6 = 100 \text{ мкм}$;

- на чорнове шліфування $IT_{ШЛИФ} = h7 = 30$ мкм;
- на чистове точіння $IT_{Т.ЧИСТ} = h9 = 74$ мкм;
- на чорнове точіння $IT_{Т.ЧЕРН} = h14 = 740$ мкм;
- на заготовку $IT_{Т.ЗАГ} = h16 = 1900$ мкм.

Обчислюємо найбільші операційні розміри і розмір заготовки:

- після чистового шліфування:

$$d_{МАХ.Ш.О} = d_{МИН.Ш.О} + IT_{Ш.О} = 65,01 + 0,1 = 65,11 \text{ мм} \quad (2.26)$$

- після чорнового шліфування:

$$d_{МАХ.ШЛИФ} = d_{МИН.ШЛИФ} + IT_{ШЛИФ} = 65,09 + 0,03 = 65,12 \text{ мм} \quad (2.27)$$

- після чистового точіння:

$$d_{МАХ.Т.ЧИСТ} = d_{МИН.Т.ЧИСТ} + IT_{Т.ЧИСТ} = 65,237 + 0,074 = 65,311 \text{ мм} \quad (2.28)$$

- після чорнового точіння:

$$d_{МАХ.Т.ЧЕРН} = d_{МИН.Т.ЧЕРН} + IT_{Т.ЧЕРН} = 65,474 + 0,74 = 66,214 \text{ мм} \quad (2.29)$$

- розмір заготовки:

$$d_{МАХ.ЗАГ} = d_{МИН.ЗАГ} + IT_{ЗАГ} = 67,19 + 1,9 = 69,09 \text{ мм} \quad (2.30)$$

Обчислюємо граничні значення допусків:

- для чистового шліфування:

$$2Z_{МИН}^{IP} = d_{МИН.ШЛИФ} - d_{МИН.Ш} = 65,09 - 65,01 = 0,08 \text{ мм}, \quad (2.31)$$

$$2Z_{МАХ}^{IP} = d_{МАХ.ШЛИФ} - d_{МАХ.ш} = 65,12 - 65,11 = 0,01 \text{ мм} \quad (2.32)$$

- для чорнового шліфування:

$$2Z_{МИН}^{IP} = d_{МИН.Т.ЧИСТ} - d_{МИН.ШЛИФ} = 65,237 - 65,09 = 0,147 \text{ мм}, \quad (2.33)$$

$$2Z_{МАХ}^{IP} = d_{МАХ.Т.ЧИСТ} - d_{МАХ.ШЛИФ} = 65,311 - 65,12 = 0,191 \text{ мм} \quad (2.34)$$

- для чорнового точіння

$$2Z_{МИН}^{IP} = d_{МИН.Т.ЧЕРН} - d_{МИН.Т.ЧИСТ} = 65,474 - 65,237 = 0,237 \text{ мм}, \quad (2.35)$$

$$2Z_{МАХ}^{IP} = d_{МАХ.Т.ЧЕРН} - d_{МАХ.Т.ЧИСТ} = 66,214 - 65,311 = 0,903 \text{ мм} \quad (2.36)$$

- для чорнового точіння

$$2Z_{MIN}^{IP} = d_{MIN.ЗАГ} - d_{MIN.Т.ЧЕРН} = 67,19 - 65,474 = 1,716 \text{ мм}, \quad (2.37)$$

$$2Z_{MAX}^{IP} = d_{MAX.ЗАГ} - d_{MAX.Т.ЧЕРН} = 69,09 - 66,214 = 2,876 \text{ мм} \quad (2.38)$$

Обчислюємо загальний припуск:

$$2Z_0 = d_{MAX.ЗАГ} - d_{MIN.шл.ок} = 69,09 - 65,01 = 4,08 \text{ мм} \quad (2.39)$$

Схематичне зображення припусків деталі зображено на рисунку 2.2.

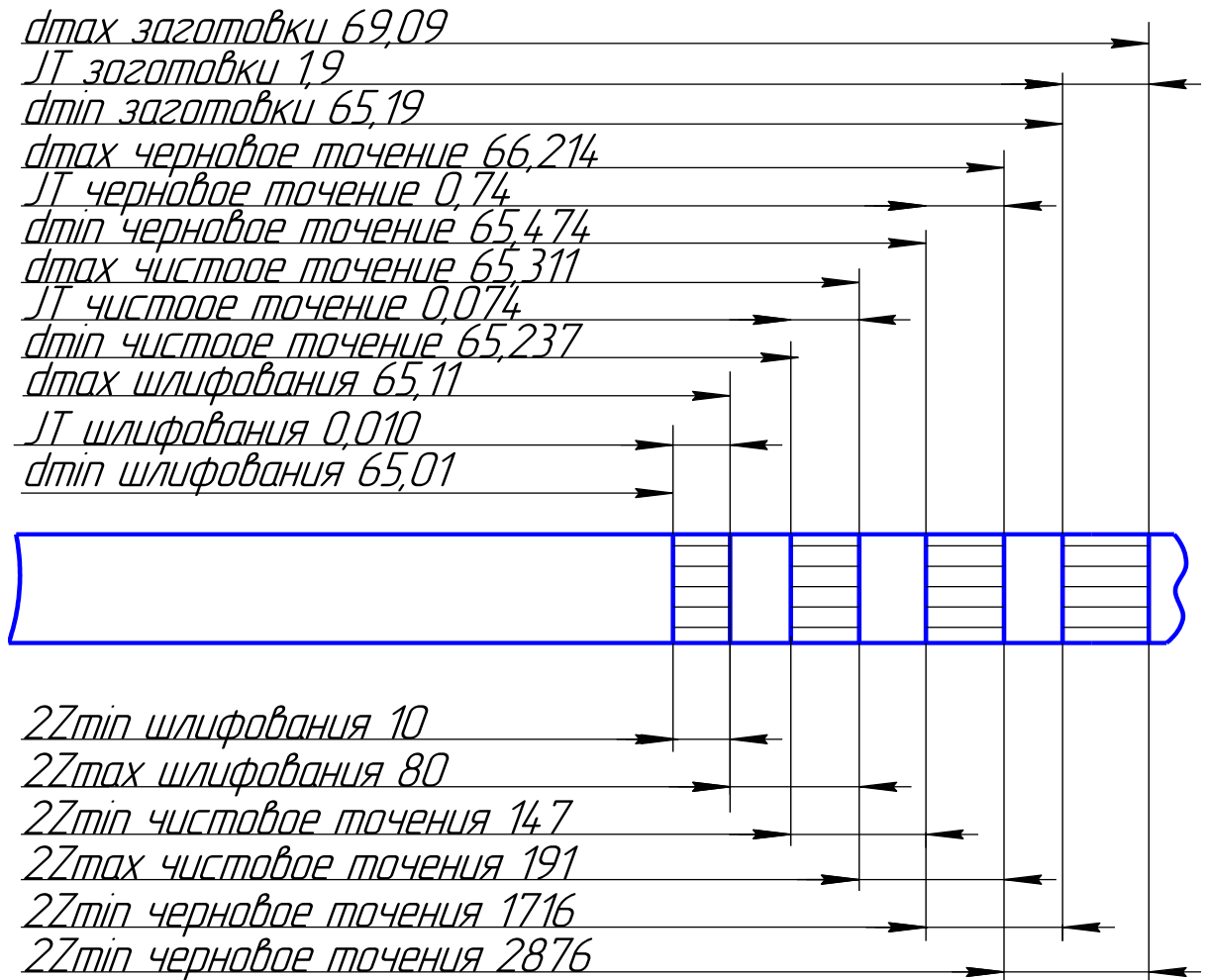


Рисунок 2.2 – Схема розташування припусків, допусків і граничних розмірів

На всі інші оброблювані поверхні припуски призначаються по ГОСТ 2590-88. Значення всіх припусків зводяться в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Припуски і граничні відхилення на оброблювані поверхні валу

Поверхня	Розмір, мм	Припуск, мм		Допуск, мм
		розрахунковий	Табличний	
Торцеві поверхні 2,3	458	-	4,5	+0,8 -0,8
Діаметр 1	70	-	2·3,3	+0,1 -0,9

Кресленик заготовки з вказанням її розмірів та допусків на них наведено на рис. 2.3.

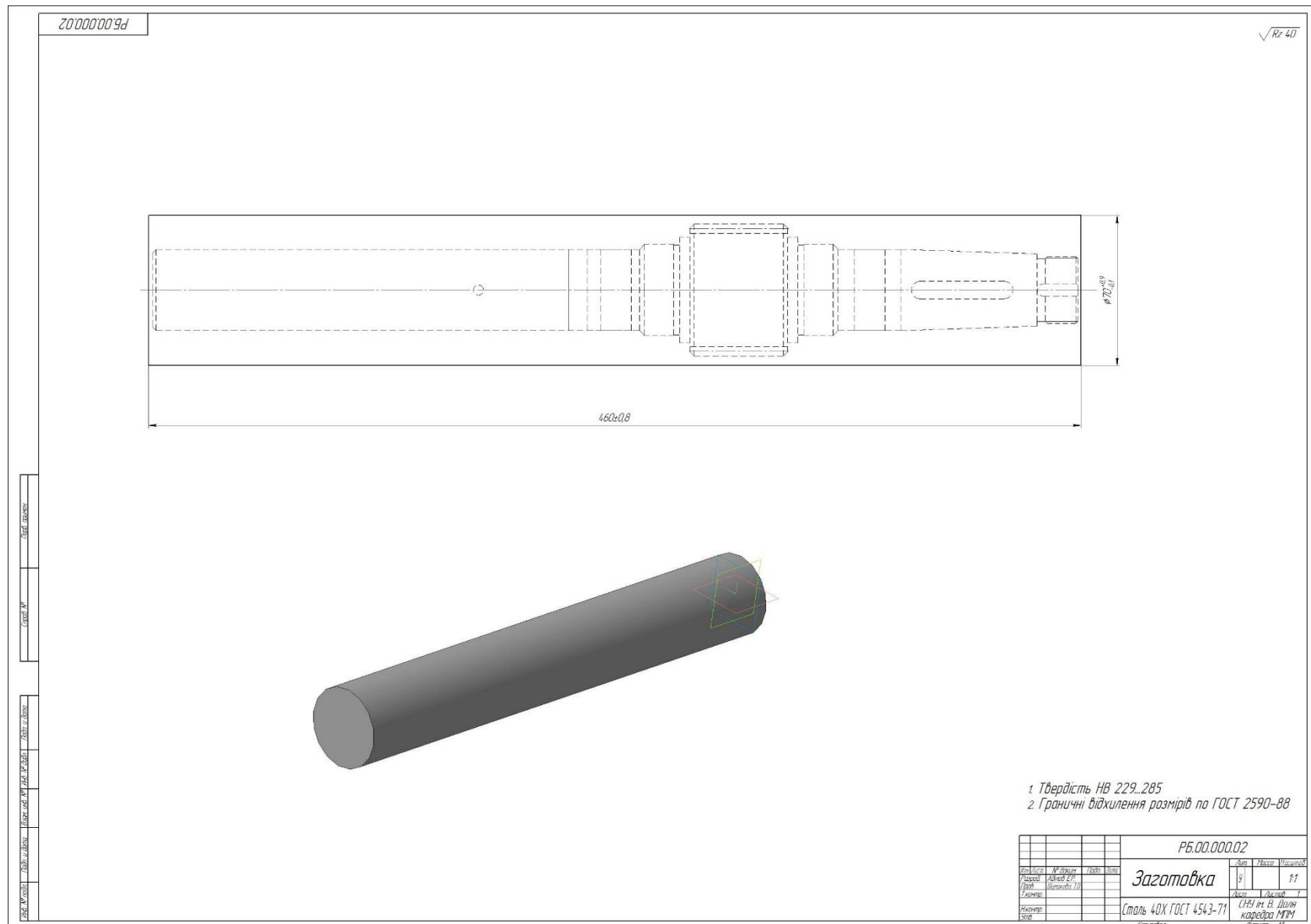


Рисунок 2.3 – Кресленик заготовки деталі «Вал шестерня» приводу насосу

2.9.2 Розрахунок режимів різання для шпонково-фрезерувальних операцій

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

Опрацьований матеріал – сталь 40Х ГОСТ4543-71; $\sigma_B = 980$ МПа; верстат вертикально-фрезерувальний 6Р13Ф3.

Характеристика поверхні, що оброблюється:

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 (2.40):

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y \times t^x \times B^u \times z^p} K_v \quad \text{м/хв}, \quad (2.40)$$

де C_v – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал;

D – діаметр фрези в мм;

T – стійкість інструменту в 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 (2.41) из [8, с.285]

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{UV}, \quad (2.41)$$

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

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

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

Значення коефіцієнту K_{MV} розрахуємо за формулою (2.42)

$$K_{MV} = K_\Gamma \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (2.42)$$

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 (2.43):

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D}, \text{ хв}^{-1}, \quad (2.43)$$

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 $n = 650 \text{ мин}^{-1}$.

Уточнимо швидкість різання за формулою (2.44):

$$V = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \text{ м/хв}, \quad (2.44)$$

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

Визначимо силу різання по формулі з [10, с.284]:

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 (2.45) з [10, с.284]:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт}, \quad (2.45)$$

де P_z – сила різання в Н;

V – швидкість різання в м / хв.

$$N_{рез} = \frac{529,15 \cdot 16,3}{1020 \cdot 60} = 0,16 \text{ кВт}$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстата по формулі (2.46).

У верстата моделі 6Р13Ф3

$$N_{шп} = N_{дв} \cdot \eta, \quad (2.46)$$

де $N_{дв}$ – потужність двигуна, в кВт.;

η – К.К.Д. верстата

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

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

В бакалаврській роботі, на кожну операцію розроблявся операційний ескіз.

Зведена таблиця результатів розрахунків режимів різання, операційного часу та ескізів технологічних операцій приведена на рис. 2.4. Інформація, яка подана на ній, є достатньою для виконання наладки обладнання.

Номер операції		Зміст операції	Ескіз операції	Обладнання		Інструмент		Режими різання				Час			
1	2			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
030		Токарна с ЧПК	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Точити $\phi 52$ 3. Точити канавку 4. Точити $\phi 45$ 5. Точити $\phi 40$ 		Токарно-гвинтовий верстат з ЧПК 16K20Ф3	Патрон трьохшпандувачий ГОСТ 2675-80	Різьби прохідні Т5К16 ГОСТ 18881-73; різьби канавковий ГОСТ 20872-80	ШЦ-250-0,05 ГОСТ 166-89	6,55	0,7	670	1	11,05	23,86	
035		Фрезерувальна	<ol style="list-style-type: none"> 1. Фрезерувати шпонковий паз $L=16$ мм, $b=6$ мм 2. Фрезерувати шпонковий паз $L=50$ мм, $b=8$ мм 3. Свердлити отвір $\phi 5$ 		Фрезерний верстат з ЧПК 6P13Ф3	Спеціальне верстатне пристосування	Шпонкова фреза Т5К16 ГОСТ 6396-78; свердла спіральні ГОСТ 2034-80	Шаблон для контролю паза, зразки шорсткості. Калібр на розташування	2,5	1,13	470	1	11,56		22,97
075		Свердильна	<ol style="list-style-type: none"> 1. Розточити отвір $\phi 10$; 2. Нарізати різьбу М10х1-7Н 		Вертикально-свердильний верстат 2Н150	Патрон трьохшпандувачий ГОСТ 2675-80	Зенкер ГОСТ 12489-71, метчик ГОСТ 3266-81	Шаблон різьбів ГОСТ 519-77	0,05	0,12	1100	1	7,49		
									0,05	0,1	500	1	11,23		

РБ.00.000.03

Інформаційно-технологічна карта	Датум	Версія	Масштаб
	19		
Складено	Лист	1	Згідно з
Затверджено	СФП	Ін. В. Ділян	Корекція МТМ
Корекція	Формат	А1	

Рисунок 2.4 – Інформаційно-технологічна карта

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПРИСТОСУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО

3.1 Опис конструкції і розрахунок спеціальних засобів технологічного оснащення

Використання спеціальних верстатних пристосувань сприяє підвищенню продуктивності і точності обробки, полегшення умов праці, скорочення кількості робочих, скорочення допоміжного часу, що витрачається на підготовку до обробки даного типу деталей, розширення технологічних можливостей обладнання.

Спеціальне пристосування для фрезерування паза деталі «вал-шестерня приводу насоса» призначене для базування і кріплення заготовки валу на вертикально-фрезерному верстаті 6P13Ф3.

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 призми, 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.

3.2 Силевий розрахунок пристосування

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; довжиною $L=73$ мм).

Швидкість фрезерування розраховується за формулою (2.47):

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y \times t^x \times B^u \times z^p} K_v \text{ м/хв}, \quad (2.47)$$

- де C_v – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал деталі;
 D – діаметр фрези в мм;
 T – стійкість інструменту в хв.;
 t – глибина різання в мм;
 S – подача в мм/об;
 K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання.

Визначаємо коефіцієнт K_v за формулою (2.48) з [8, с.285]

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{IIV} \cdot K_{UV}, \quad (2.48)$$

- де K_{Mv} – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал;
 K_{IIV} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;
 K_{UV} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту.

Значення коефіцієнта K_{Mv} розрахуємо за формулою (2.49)

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (2.49)$$

- 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 (2.50):

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D}, \text{ хв}^{-1}, \quad (2.50)$$

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 $n = 650 \text{ хв}^{-1}$.

Уточнимо швидкість різання за формулою (2.51):

$$V = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \text{ м/хв}, \quad (2.51)$$

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

Визначимо силу різання по формулі з [10, с.284]:

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.

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

Величини інших складових сили різання знайдемо через окружну силу.

Горизонтальна сила (подачі) $P_h = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 529,15 = 211,66 \text{ Н}$.

Вертикальна сила $P_v = 0,9 \cdot P_z = 0,9 \cdot 529,15 = 476,23 \text{ Н}$.

Радіальна сила $P_y = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 529,15 = 211,66 \text{ Н}$.

Осева сила $P_x = 0,55 \cdot P_z = 0,55 \cdot 529,15 = 291,03 \text{ Н}$.

Для закріплення заготовки використовується затискний механізм. У затискних механізмах зазвичай застосовуються пневматичні, гідравлічні і змішані типи приводів.

Необхідну силу закріплення Q заготовки визначаємо за рівнянням:

$$Q = \sqrt{Q_{P_z}^2 + Q_{P_x}^2} \quad (2.52)$$

де: Q_{P_z} – необхідна сила кріплення заготовки при обліку сили різання P_z , створює момент різання;

Q_{P_x} – необхідна сила закріплення заготовки при обліку сили різання P_x , зміщуються заготовку в напрямку подачі.

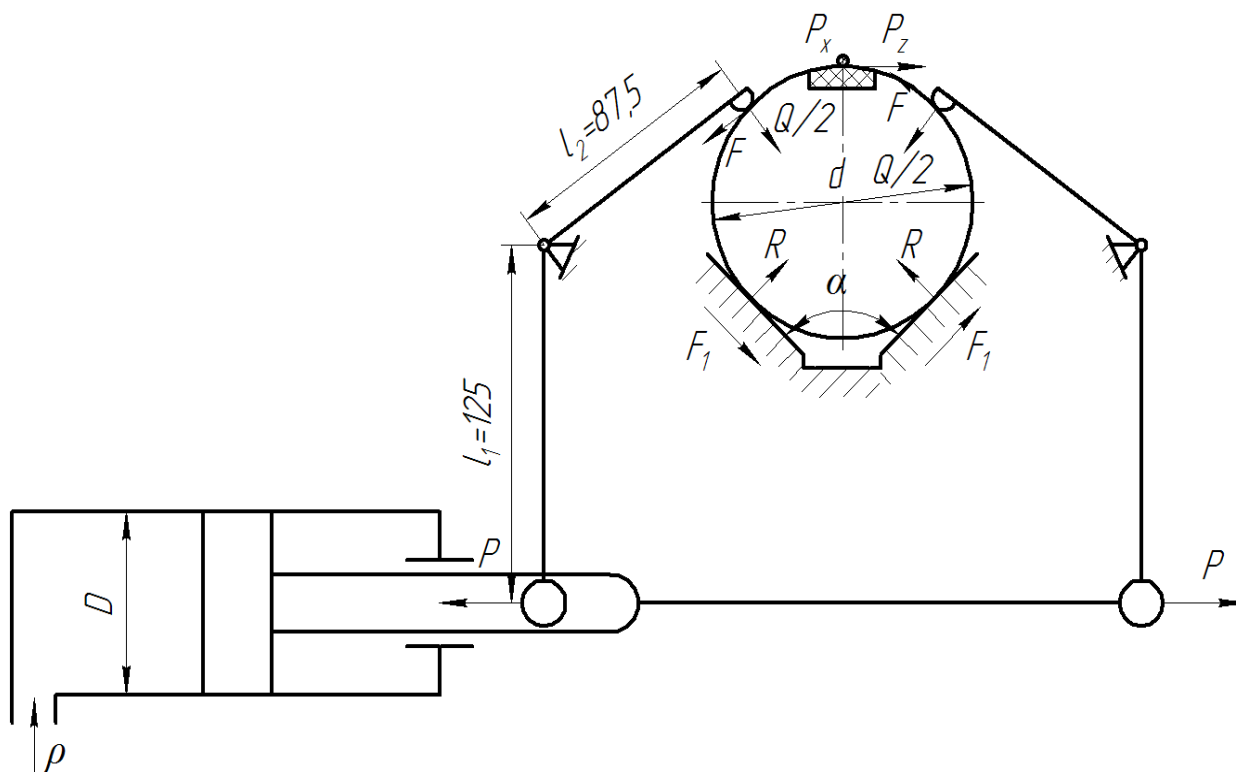


Рисунок 3.1 – Схема затискного механізму

Силу Q_{P_z} и Q_{P_x} визначаємо з умови статичної рівноваги заготовки, що знаходиться під дією моментів от сил P_z , P_x , F и F_1 .

$$-\frac{P_z d}{2} + \frac{(2F + 2F_1)d}{2} = 0; \quad -P_x + 2(F + F_1) = 0 \quad (2.53)$$

Оскільки $F = \left(\frac{Q}{2}\right) \operatorname{tg} \varphi$; $F_1 = R \operatorname{tg} \varphi_1$; $R = \frac{Q}{2}$; $\operatorname{tg} \varphi = f$; $\operatorname{tg} \varphi_1 = f_1$, то з урахуванням коефіцієнта запасу:

$$Q_{P_z} = \frac{K_3 P_z}{(f + f_1)} \quad (2.54)$$

Аналогічно отримуємо

$$Q_{P_x} = \frac{K_3 P_x}{f + f_1} \quad (2.55)$$

Повна сила кріплення заготовки обчислюється за формулою (2.56):

$$Q = \sqrt{Q_{P_z}^2 + Q_{P_x}^2} = \sqrt{\left(\frac{K_3 P_z}{(f + f_1)}\right)^2 + \left(\frac{K_3 P_x}{(f + f_1)}\right)^2} \quad (2.56)$$

Приймаємо по табл. 3 [10 стр. 384] $f = f_1 = 0,25$ – коефіцієнти тертя в місцях контакту заготовки з опорами і затискним механізмом відповідно. Значення коефіцієнта обумовлено станом поверхні контакту заготовки під час фрезерування шпонкових отворів.

Коефіцієнт запасу, що враховує нестабільність силових впливів на заготівлю, знаходимо за формулою (2.57):

$$K_3 = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 \quad (2.57)$$

де: $K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1$ – коефіцієнт, що враховує вид технологічної бази;

$K_2 = 1,3$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту;

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

$K_4 = 1$ – коефіцієнт, що характеризує сталість сили, що розвивається затискним механізмом;

$K_5 = 1$ – коефіцієнт, що характеризує ергономіку затискного механізму;

$K_6 = 1$ – коефіцієнт, що характеризує установку заготовки.

$$K_3 = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,34$$

Так як в результаті розрахунку $K_3 < 2,5$, то приймаємо $K_3 = 2,5$.

$$Q_{P_z} = \frac{2,5 \cdot 529,15}{0,5} = 2645,75 \text{ Н}$$

$$Q_{P_x} = \frac{2,5 \cdot 291,03}{0,5} = 1455,15 \text{ Н}$$

$$Q = \sqrt{2645,75^2 + 1455,15^2} = 3019,51 \text{ Н}$$

З умови статичної рівноваги прихватов $\frac{Q}{2} = P l_1 / l_2$.

Сила P циліндра, необхідна для закріплення заготовки, дорівнює $P = 0,25\pi D^2 \rho \eta$, тоді діаметр поршня циліндра D може бути розрахований за формулою (2.58):

$$D = \sqrt{\frac{2Ql_2}{\pi\eta\rho l_1}} \quad (2.58)$$

Вирішуючи це рівняння щодо D , отримуємо за формулою (2.59):

$$D = \sqrt{\frac{4Ql_2}{\pi\eta\rho l_1}} \quad (2.59)$$

де: ρ – робочий тиск масла, яке приймається в розрахунках рівним 1 МПа;

$$\eta = 0,9 \text{ – КПД.}$$

Визначаємо діаметр поршня гідроциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 3019,51 \cdot 87,5}{3,14 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 125}} = 54,69 \text{ мм}$$

В якості приводу для спеціального фрезерного пристосування вибираємо гідроциліндр по ОСТ 2 Г22-3-86 з діаметром поршня 60 мм.

Оскільки дійсна сила затиску $P = 0,25\pi D^2 \rho \eta = 11039 \text{ Н}$ перевищує необхідну силу кріплення $Q = 3019,51 \text{ Н}$ заготовки, то розрахунок виконано вірно.

3.3 Розрахунок пристосування на точність одержуваних розмірів і точність базування заготовки

Збірка шпонкових з'єднань здійснюється за методом повної взаємозамінності без додаткового доопрацювання шпонки або паза.

Точність паза визначається точністю розмірів.

При роботі на налагодженому устаткуванні точність розмірів $d - t$ та t залежить від точності настройки ріжучого інструменту і від точності виконання пристосування.

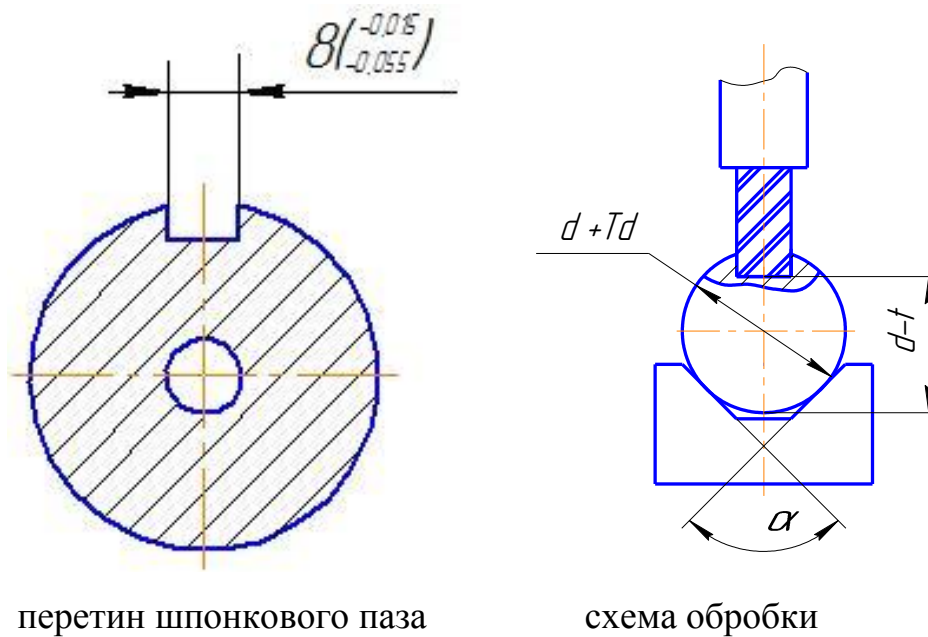


Рисунок 3.2 – Перетин шпонкового паза

Точність елементів пристосування в напрямку розміру $d - t$ розраховуємо по формулі (2.60):

$$\varepsilon_{\text{пр}}^{d-t} = T_{d-t} - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{у.з.}}^2 + \varepsilon_{\text{и}}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2} \quad (2.60)$$

де: T_{d-t} – операційний допуск на розмір $d - t$, $T_{d-t} = 0,2$ мм;

K_T – коефіцієнт, що враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу, $K_T = 1$;

K_{T1} – коефіцієнт, що враховує зменшення похибки базування при роботі на налагодженому устаткуванні, $K_{T1} = 0,8$;

K_{T2} – коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки в сумарній похибці методу, що викликається факторами, не залежними від пристосування, $K_{T2} = 0,6$.

Сумарна похибка при фрезеруванні паза складається з похибок:

- похибка установки;
- похибка настройки;
- похибка обробки, що виникає в процесі виготовлення деталі;
- ε_6 похибка базування в напрямку операційного розміру;

– ε_3 похибка закріплення;
 – $\varepsilon_{y.э.}$ похибка, що залежить від точності виготовлення установочного елемента (призми);

$\varepsilon_{и}$ – похибка зносу установочного елемента.

ω – економічна точність обробки, $\omega = 0,09$;

При установці в призму порушується принцип єдності баз і за розміром $d - t$ з'являється похибка (2.61):

$$\varepsilon_6 = 0,5 \cdot 0,1 \cdot \left(\frac{1}{\sin 45^\circ} - 1 \right) = 0,021 \text{ мм} \quad (2.61)$$

Величину ε_3 розраховуємо по формулі (2.62):

$$\varepsilon_3 = \frac{0,1 \cdot C_M \cdot \Delta W}{\sin \alpha} \quad , \quad (2.62)$$

де: C_M – поправочний коефіцієнт, що враховує вид матеріалу заготовки, для сталі $C_M = 0,026$.

ΔW – мінливість сили затиску визначаємо, використовуючи формулу (2.63):

$$\Delta W = 0,2 \cdot W_3 \quad (2.63)$$

$$\Delta W = 0,2 \cdot 15 = 3$$

$$\varepsilon_3 = \frac{0,1 \cdot 0,026 \cdot 3}{\sin 45^\circ} = 0,011 \text{ мм}$$

Враховуючи що $\Delta B = 0,05$ мм визначаємо похибку $\varepsilon_{y.э.}$ за формулою (2.64):

$$\varepsilon_{y.э.} = \frac{\Delta B}{\operatorname{tg} \alpha}, \text{ мм} \quad (2.64)$$

$$\varepsilon_{y.э.} = \frac{0,05}{\operatorname{tg} 45^\circ} = 0,05 \text{ мм}$$

Похибка зносу установочного елемента розраховуємо за формулою (2.65):

$$\varepsilon_{и} = Z_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot \frac{N_\phi}{N} \quad (2.65)$$

де: Z_0 – середній знос установочного елемента при базовому числі установок $N = 100000$. $I_0 = 115$ мкм;

K_1 – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки, $K_1 = 0,97$;

K_2 – коефіцієнт, що враховує вид обладнання, $K_2 = 1$;

K_3 – коефіцієнт, що враховує умови обробки, $K_3 = 0,94$;

K_4 – коефіцієнт, що враховує число установок заготовки N_Φ , відрізняється від прийнятого N , $K_4 = 2,4$.

$$\varepsilon_{\text{и}} = 115 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 2,4 \cdot 0,1 = 25,17 \text{ мкм} \approx 0,025 \text{ мм}$$

Визначаємо похибка:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{пр}}^{d-t} &= 0,2 - 1 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot 0,021)^2 + 0,011^2 + 0,05^2 + 0,025^2 + (0,6 \cdot 0,09)^2} = \\ &= 0,12 \text{ мм} \end{aligned}$$

Оскільки $\varepsilon_{\text{пр}}^{d-t} < T_{d-t}$, т.е. $0,12 < 0,2$ – спроектоване пристосування забезпечує необхідну точність отримання заданого розміру.

Кресленик спроектованого верстатного пристосування наведено на рис. 3.3.

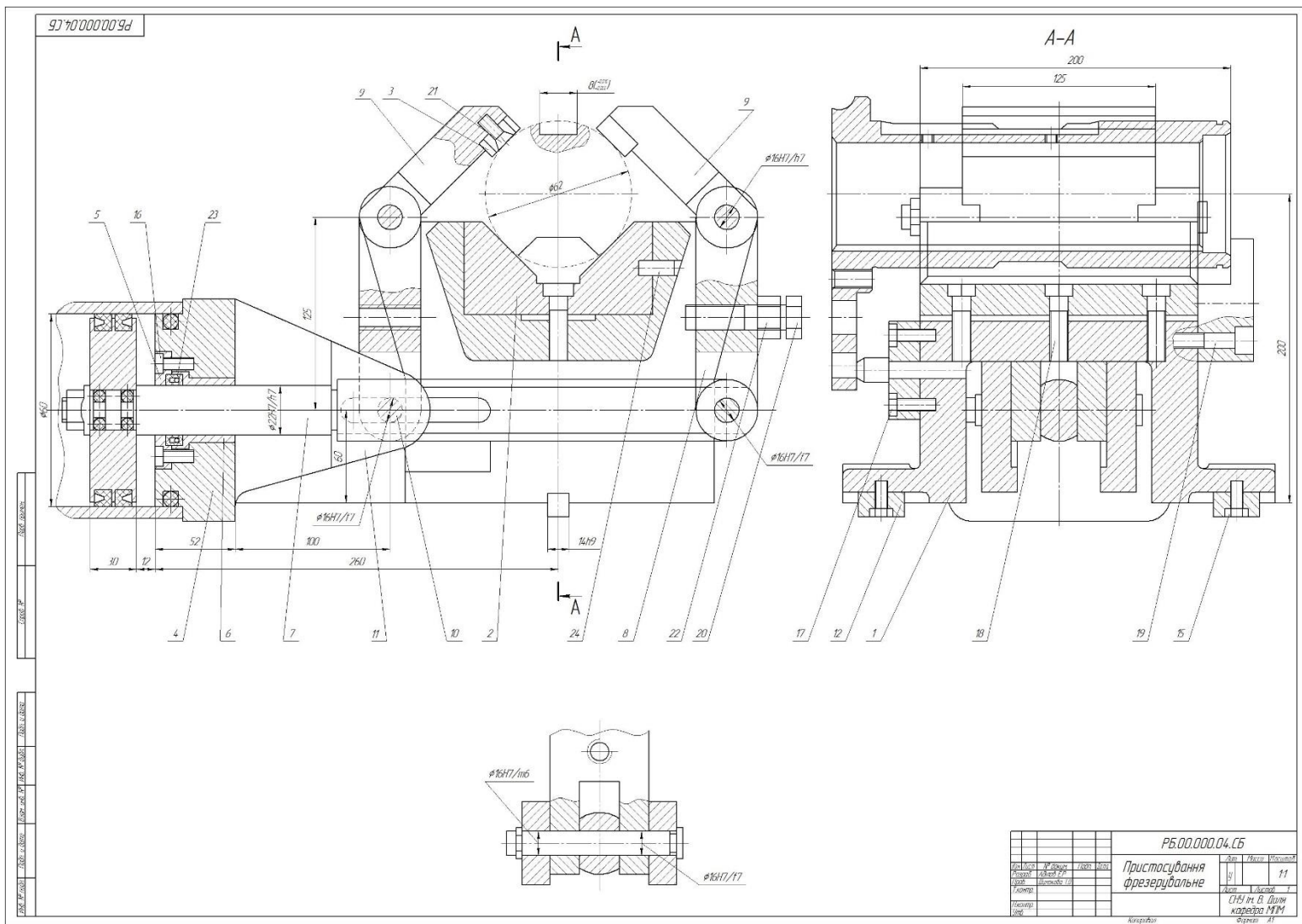


Рисунок 3.3 – Кресленик верстатного пристосування для виконання операції фрезерування шпонкового пазу

4 АВТОМАТИЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

4.1 Використання САЕ систем для вирішення технологічних задач

Побудова маршруту технологічного процесу здійснюється шляхом введення параметрів обробки. На малюнку 4.1 представлений приклад введення параметрів токарної обробки деталі.

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

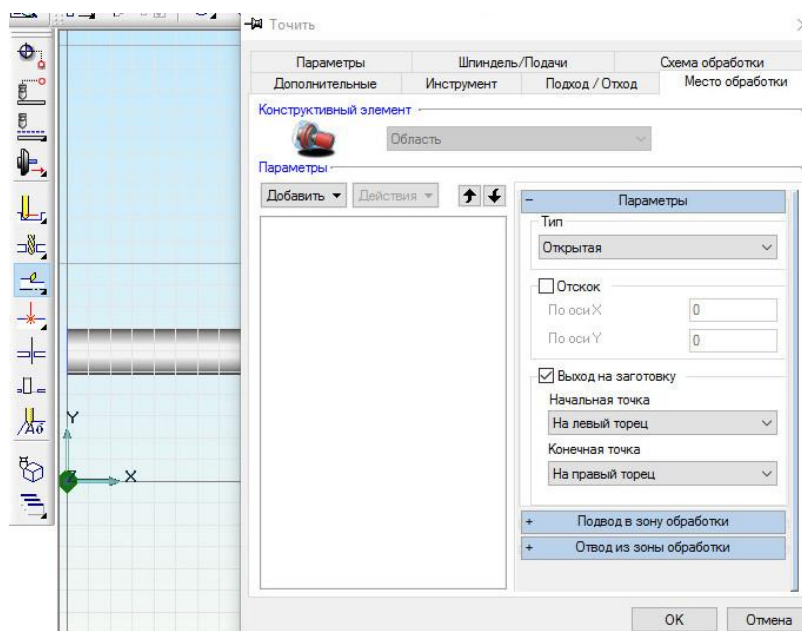


Рисунок 4.1 – Введення установок токарної обробки деталі

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.

4.2 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 малюнку 4.2.

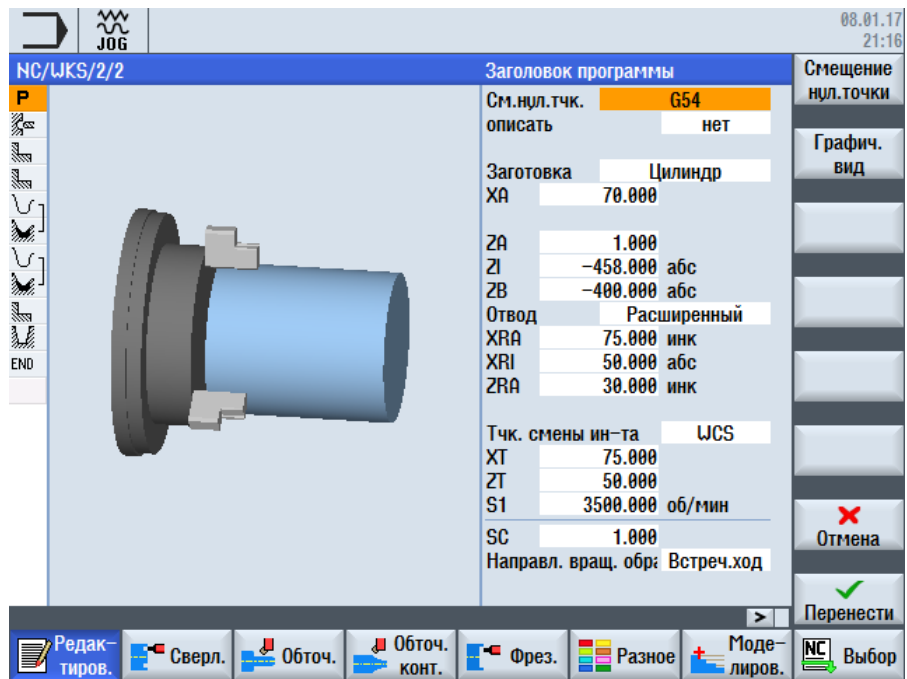


Рисунок 4.6 – Параметры заготовки детали

Центруємо деталь. Для цього кнопкою «Свердел.» викликаємо діалог «Центр. свердління». Вибираємо інструмент і його напрямок, призначаємо швидкості подачі. Тип, положення і напрямок обробки, координати переміщення свердла на рисунку 4.3.

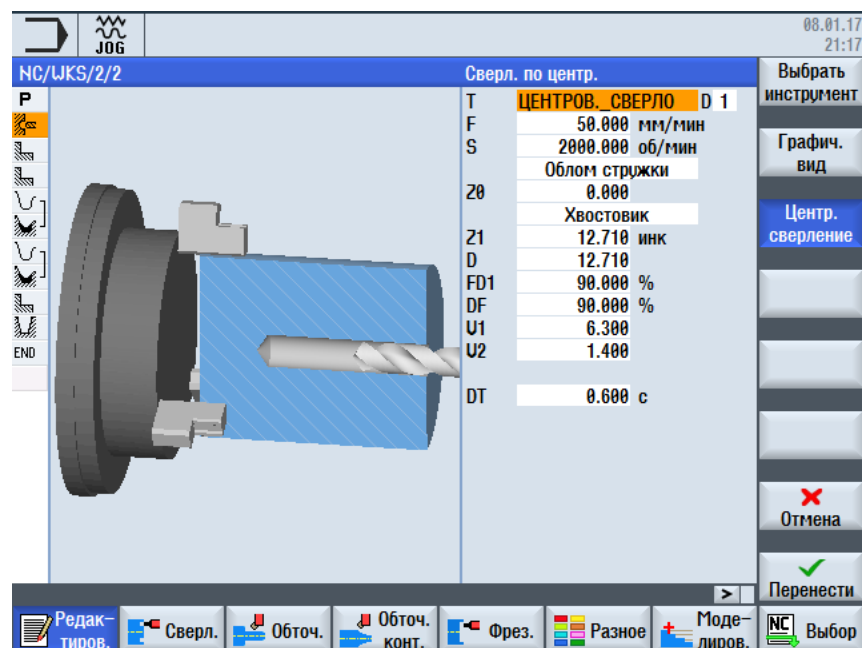


Рисунок 4.3 – Центрування деталі

Кнопкою «обточити.» викликаємо діалог «Обработка резанием», 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 рисунку 4.4.

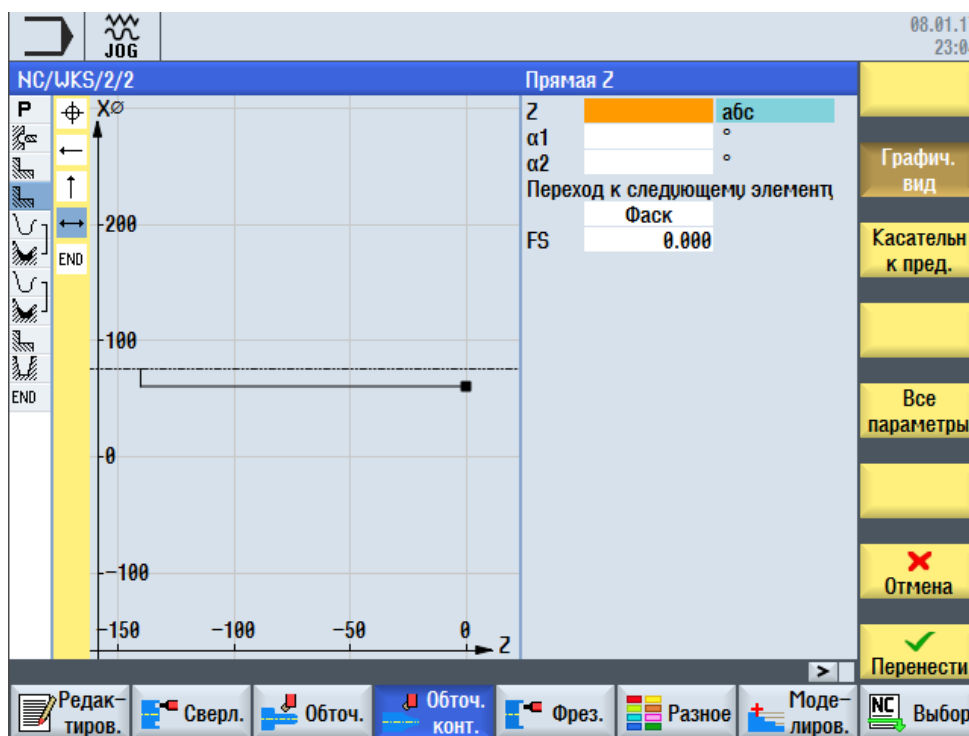


Рисунок 4.4 – Контур оброблюваної деталі

Для вийшла операції вибираємо «Обработка резанием ». У вікні вибираємо параметри різання деталі по контуру, а також інструмент. Застосовуємо зміни, натиснувши кнопку «Перенести».

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 рисунку 4.5). 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.

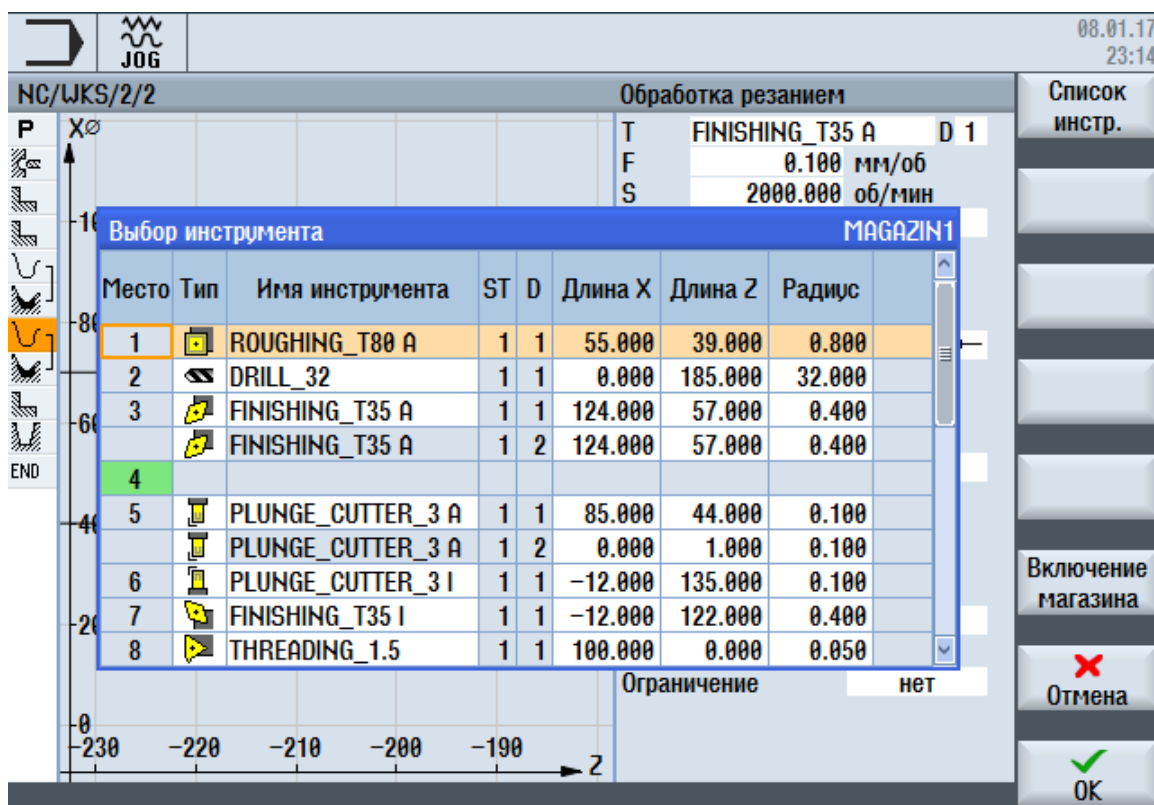


Рисунок 4.5 – Вибір інструмента для обробки деталі

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.

В результаті отримуємо управляючу програму для верстата з ЧПК «Siemens» програма *SinuTrain, Demo-Lathe 840d sl 4.7 SP3 HF1*.

Управляющая программа для станка с ЧПК

```
F_HEAD(1389101055,70, 1,, -458,75,30, 50,0,75, 50,1, 3500,, 71,1, 35487,, -400,, 20, 6,
6,100,100,100,1, 0,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,,,,,,,,);*R0*
F_DRILL("ЦЕНТРОВ._СВЕРДЛЮ", "", 1, 50, 1, 2000, 1, 0, 43, 0, 90,
12.71,1,12.71,90,6.3,1.4,0.6,16, 0,90);*R0*
F_ROUGH("ИНСТ.ДЛЯ._ЧЕР.ОБ", "", 1, 0.1, 3, 2000,1, 0, 54273,1, 70, 90, 0, 90, 2.25, 91, -211,
91, 65.5, 90, -211, 90, 0, 0, 0, 0,1, 0.1, 0.1, 0, 90, 90, 0, 0, 0); *R0*
F_ROUGH("ИНСТ.ДЛЯ._ЧЕР.ОБ", "", 1, 0.1, 3, 2000,1, 0, 54273,1, 65.11, 90, 0, 90, 10.555, 91, -
118, 91, 44, 90, -118, 90, 0, 0, 0); *R0*
F_CON("KONTURI", 4, "E_LAB_A_KONTURI", 'E_LAB_E_KONTURI"); *R0*
F_ROU_Z("FINISHING_T35 A", "", 1, 0.1, 3, 2000,1, 0, 0,, "
201701081909536",,,, "201701081909537", 321211, 0, 0.1, 0.1, 5, 6, C 0.1, 0, 0, 0,1,10, 91,10,
91,126,,,,, 2, 2,,,,, 0,,,, 0, 0, 0,1,1, 0, *R0*
F_CON( "KONTUR2", 4, "E_LAB_A KONTUR2", "E_LAB_E_KONTUR2"); *R0*
F_ROU_Z("PLUNGE_CUTTER_3 A", "", 1, 0.1, 3, 2000,1,1, 0,, "2017010820530816",,,,
"2017010820530817",301211,,0.1,0.1,1,6,0 1, 0.1, 0, 0, 0,1, 0, 91, 0, 91,126,,,,, 2, 2,1, 30,, 0,,,, 0,
0, 0, 1, 1, 0, 0.1); *R0*
F_ROUZH("FINISHING_T35 A", "", 1, 0.1, 3, 2000,1, 0, 54274,1, 45, 90, -221,90, 2.5, 91,160, 91,
40, 90, -381, 90, 0, 0, 0, 0,1, 0.1, 0.1, 0, 90, 90, 0, 0, 0); *R0*
F_GROOV("PLUNGE_CUTTER_3 A", "", 2, 0.1, 3, 2000,1, 0, 27303,1, 40, 90, -20,90, 4, 5.1, 0, 0,
0, 2, 2, 2, 2, 0.2,1, 30, 0, 4, 5.1, 0,1, 42, -23.5,, 0.2, 0.2, 0, 0,0); *R0*
F_END(0,1,0); *R0*
M30 ; #SM; *R0*
E.LAB_A_KONTURI: ; #SH Z: 7
G18 G90 DIAM90; *GP*
G0 Z-118 X40 ; *GP*
G1 X45 ; *GP*
Z-138 ; *GP*
X52 ; *GP*
Z-143 ; *GP*
```

```

X65.11 ;*GP*
Z-191 ;*GP*
E_LAB__E_KONTUR1:
E_LAB_A_KONTUR2: ; #SH Z: 3
G18 G90 DIAM90; *GP*
G0 Z-191 X65.111 ; *GP*
G1 X52 ; *GP*
Z-196 ; *GP*
X45 ; *GP*
Z-221 ; *GP*
E_LAB_EJCONTUR2:

```

Результатом проектування токарної операційної технології з розробкою керуючих програми та віртуальним моделюванням обробки наведено на рис. 4.6.

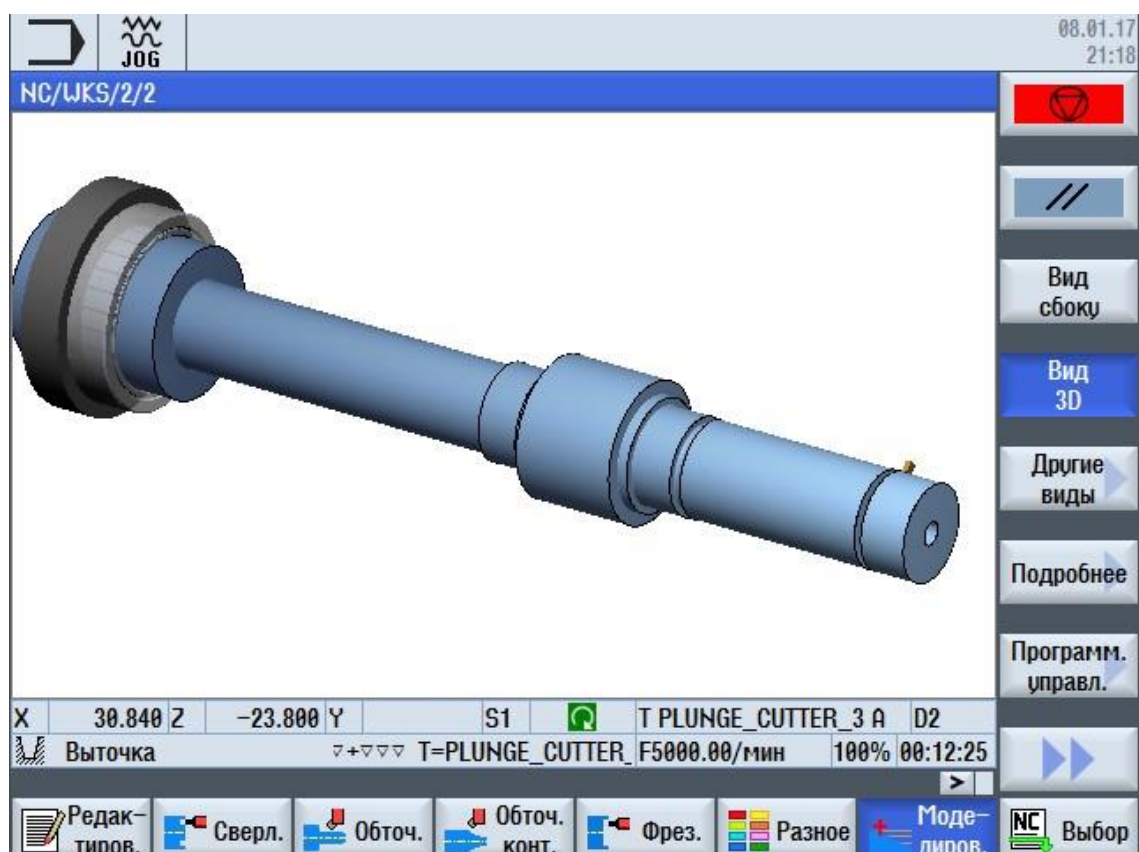


Рисунок 4.6 – Результат емуляції токарної обробки деталі на верстаті з ЧПК «Siemens», програма SinuTrain, Demo-Lathe 840d sl 4.7 SP3 HF1

ВИСНОВОК

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.

У випускний кваліфікаційної роботі бакалавра виконаний аналіз конструкції деталі, включаючи аналіз службового призначення деталі, аналіз технологічності конструкції. Проведено розмірний аналіз креслення деталі. Визначено тип виробництва.

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 випускний кваліфікаційної роботи бакалавра, розроблений варіант технологічного процесу виготовлення деталі, в якому виконані: аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі «вал-шестерня приводу насоса», проведено аналіз варіантів отримання заготовки, проведений розрахунок припусків, режимів різання і норм часу.

В результаті 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.

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

В результаті проведеного аналізу базового технологічного процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня», 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.

Список використаної літератури

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Справочник: в 3 т. / В.И. Анурьев; под ред. И.Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 2696 с.
2. Болдырев А.И. Основы технологии машиностроения: лабораторный практикум: учеб. пособие / А.И. Болдырев, А.А. Болдырев. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2011. – 181 с.
3. Горбачевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. — Минск: Высш. шк., 1983 — 126 с.
4. Кочергин, И. А. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплектов. Курсовое проектирование: учеб. пособие для вузов / И. А. Кочергин. — Минск: Высш. шк., 1991. — 382 с.
5. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. — 2-е изд. — Минск: Машиностроение, 1974. — 421 с.
6. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 1. — Минск: Экономика, 1990. — 43 с.
7. 40Х сталь [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.manual-steel.ru/40H.html>. — Дата доступа: 15.05.2017.
8. Справочник технолог-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. — Москва: Машиностроение, 1986. — 656 с.
9. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. — Москва: Машиностроение, 1985. — 496 с.

10. Бабук, В. В. Дипломное проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие / В. В. Бабук. — Минск: Высш. шк., 1979. — 217 с.

11. Основы проектирования цехов машиностроительных заводов: учебное пособие / В.А Сай, В.В Бородкин, В.Б. Бочаров и др. — Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2010. — 176 с.

12. Норенков И.П. Автоматизированное проектирование: учеб. пособие / И.П. Норенков. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. — 188 с.