

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Наказ Міністерства освіти і науки,  
молоді та спорту України  
29 березня 2012 року № 384

Форма № Н-9.02

**Державний вищий навчальний заклад**  
**«Сумський державний університет»**

*Технічних систем та енергоефективних технологій*

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

*Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів*

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної (роботи)

*перший (бакалаврський)*

(освітній рівень)

на тему: *Проектування технологічного процесу*

*виготовлення вала-шестерні 2812.013.01.003*

Виконав: студент IV курсу, групи *ТМ-61К*  
напряму підготовки (спеціальності)

*131 – Прикладна механіка*

*(Технології машинобудування)*

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

*Мосненко Д.С*

(прізвище та ініціали)

Керівник: *Динник О.Д.*

(прізвище та ініціали)

Рецензент: \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

2021

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.О.Іванов

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ  
ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛА-ШЕСТЕРНІ 2812.013.01.003**

Бакалаврська кваліфікаційна робота

Напрямок підготовки 131 – Прикладна механіка

(Технології машинобудування)

Студент

Мосненко Д.С

Керівник

Динник О.Д.

Нормоконтроль

Динник О.Д.

**Форма № Н-9.01**

**Державний вищий навчальний заклад  
«Сумський державний університет»**

Інститут, факультет	<i>Технічних систем та енергоефективних технологій</i>
Кафедра	<i>Технології машинобудування, верстатів та інструментів</i>
Освітній рівень	<i>перший (бакалаврський)</i>
Напрямок підготовки	<i>131 – Прикладна механіка (Технології машинобудування)</i>
Спеціальність	(шифр і назва)
	(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри технології  
машинобудування, верстатів та  
інструментів

\_\_\_\_\_ В.О.Іванов  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021р.

**ЗАВДАННЯ**

**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА**

*Мосненко Денис Сергійович*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) *Проектування технологічного  
процесу виготовлення вала-шестерні 2812.013.01.003*

керівник проекту *ст.викладач каф. ЕПіА к.т.н Динник О.Д.*  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 15 » січня 2021 року №07-III  
2. Строк подання студентом проекту (роботи) « 13 » червня 2021 року

3. Вихідні дані до проекту(роботи)  
*Креслення деталі «вал-шестерня 2812.013.01.003»  
Річний обсяг випуску деталей – 1000 шт.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

*4.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі*

*4.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі*

*4.3 Визначення типу виробництва та форми його організації*

*4.4 Аналіз технологічності конструкції деталі*

*4.5 Вибір способу отримання заготовки, розробка технічних вимог на заготовку*

*4.6 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі*

*4.7 Проектування верстатного пристрою*

5. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

6. Дата видачі завдання « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі</i>	<i>23 квітня 2021</i>	
2	<i>Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі</i>	<i>3 травня 2021</i>	
3	<i>Визначення типу виробництва та форми його організації</i>	<i>7 травня 2020</i>	
4	<i>Аналіз технологічності конструкції деталі</i>	<i>14 травня 2020</i>	
5	<i>Вибір способу отримання заготовки, розробка технічних вимог на заготовку</i>	<i>21 травня 2021</i>	
6	<i>Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі</i>	<i>25 травня 2021</i>	
7	<i>Проектування верстатного пристрою</i>	<i>01 червня 2021</i>	
8	<i>Оформлення графічної частини роботи</i>	<i>10 червня 2021</i>	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Мосненко Д.С

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Динник О.Д.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Записка: 68 с., 21 табл., 11 рис., 61 формула, 14 літературних джерел

Об'єкт розробки: деталь Вал - шестерня 2812.013.03.003

Мета роботи: Проектування технологічного процесу виготовлення деталі вал-шестерня 2812.013.03.003

В кваліфікаційній роботі бакалавра розглянуто службове призначення виробу, вузла і деталі. Проаналізовані конструктивні особливості деталі "вал-шестерня" 2812.013.03.003 і умов її експлуатації. Аналізуються технічні вимоги на виготовлення деталі. На ЕОМ визначений тип виробництва - дрібносерійний, вибрані організаційні умови роботи, розрахований об'єм виробничої партії. Вибраний оптимальний спосіб отримання заготовки - поковка, розроблені технологічні вимоги до неї.

За аналізованими операціями – Токарною з ЧПК 015, Фрезерною з ЧПК 050 існуючого технологічного процесу виконано: обґрунтування схеми базування і закріплення заготівлі, обґрунтування вибору металорізального верстата, вибір верстатних пристосувань, металорізального і вимірювального інструменту, розрахунок режимів різання, технічне нормування.

Для графічної частини роботи було виконано креслення: заготовки, маршрутного технологічного процесу вала-шестерні, пристосування та операційне налагодження для операції 050 Фрезерної з ЧПК.

ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ, ТИП ВИРОБНИЦТВА, ЗАГОТОВКА, ПРИПУСК, РІЗЕЦЬ, ФРЕЗА, ТОКАРНА ОПЕРАЦІЯ, ФРЕЗЕРНА ОПЕРАЦІЯ, РЕЖИМ РІЗАННЯ, НОРМА ЧАСУ

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі.	
Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	7
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі .....	13
3 Визначення типу та форми організації виробництва .....	15
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	19
5 Вибір способу отримання заготовки та розроблення технічних вимог до неї	20
6 Аналіз існуючого чи типового технологічного процесу виготовлення деталі .....	26
6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку .....	26
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки.....	29
6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів .....	36
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів .....	39
6.5 Розрахунки режимів різання .....	41
6.6 Технічне нормування операцій.....	49
7 Проектування верстатного пристрою для установлення і закріплення заготовки.....	55
Висновок.....	67
Список використаних джерел .....	68
Додатки	
Додаток А	
Додаток Б	
Додаток В	
Додаток Г	

					<i>ТМ 19090007-00 ПЗ</i>		
		№ докум.	Підпис				
Розробив	Мосненко Д.С			Проектування технологічного процесу виготовлення деталі вал – шестерня 2812.013.03.003	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив	Динник О.Д.				5	68	
Реценз.					КІСумДУ, ТМ-71к		
Н. Контр.	Динник О.Д.						
Затв.	Іванов В.О						

## ВСТУП

Машинобудування визначає технічний прогрес країни та робить вирішальний вплив на створення матеріальної бази суспільства. Розвиток машинобудування передбачає проектування технологічних процесів із застосуванням обчислювальної техніки та математичного моделювання процесів механічної обробки, використання верстатів з ЧПК та створення гнучких автоматичних систем на основі використання ЕОМ, автоматизація міжопераційного транспорту, контролю, техніки.

При конструюванні виробів використовуються системи проектування: Компас ЧПК, Компас Графік. Компас ЧПК забезпечує зручний діалог користувача з програмою, при цьому легко вибрати ріжучий інструмент, стадію обробки, відбувається автоматичне складання керуючої програми, РТК і забезпечує наочність операції, що відбувається, по кадрам.

В якості теми було запропоновано розробити технологічний процес виготовлення деталі Вал-шестерня 2812.013.03.003 із застосуванням передових технологій виготовлення.

Метою є виготовлення деталі Вал-шестерня 2812.013.03.003 з максимальною продуктивністю і мінімальною собівартістю. Для зниження ціни деталі виникне потреба у використанні не універсального обладнання, а верстатів з ЧПК. Це обумовлено великою трудомісткістю операцій на універсальних верстатах. Тип виробництва (дрібносерійне) спонукає до використання верстатів з ЧПК. В умовах ринкової економіки технологічний процес, що розробляється, повинен забезпечувати:

- підвищення якості продукції;
- підвищення продуктивності праці;
- поліпшення умов праці працюючих.

Змінені умови виробництва вимагають внесення змін до заводського технологічного процесу по устаткуванню, технологічній оснастці і заготовці.

					ТМ – 19090007. 00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

# 1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Бур електрогідравлічний ЕБГП-1М призначений для буріння шпурів в м'яких породах щільної глини, м'якого кам'яного вугілля, міцного наносу і глинистого ґрунту при проведенні підземних гірських робіт буропідривним способом. Бур ЕБГП-1М використовуються в шахтах, небезпечних по вибуху газу і пилу, де потрібно застосування електроустаткування в копальневому вибухобезпечному виконанні, може працювати в умовах холодного і тропічного клімату. Основні технічні характеристики бура ЕБГП-1М наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Основні параметри і розміри бура

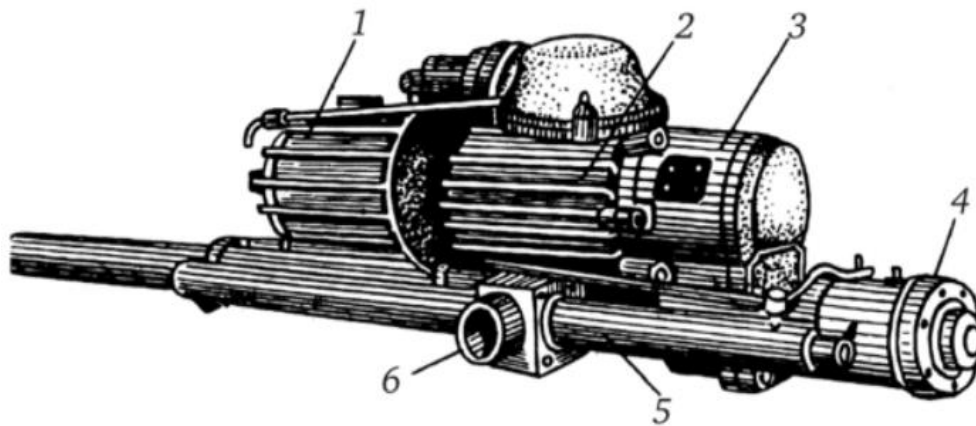
Найменування основних параметрів і розмірів	Значення
1. Зусилля подчі, Н.	15000±2000
2. Величина подачі штанги м.	не менше 2,2
3. Швидкість подачі ЕБГП.1М, м/хв	0-1,4
4. Швидкість зворотного ходу, м/хв.	не менше 5
5. Номінальна потужність на штанзі, кВт.	не менше 2,5
6. Номінальна напруга, В.	380/660
7. Відхилення напруги живлення –	0,85 - 1,1 U <sub>ном.</sub>
8. Частота обертання, хв <sup>-1</sup> .	200±20; 315±35
9. Кількість робочої рідини для живлення гідросистеми, кг	5
10. Ступінь захисту оболонки	IP54
11. Габаритні розміри, мм	1700×400×410
12. Маса бура, кг	130



Умови експлуатації ЕБГП-1М:

- Температура навколишнього повітря - від 1° С до +35° С.
- Відносна вологість при +35° С - до 100%.
- Запиленій довкілля - до 2500 мг/м<sup>2</sup>.
- Кліматичне виконання - УХЛ5; Т5.

Ескіз електрогідравлічного бура ЕБГП- 1М з гідроподачею показаний на рис. 1.1.



Бур ЕБГП-1М складається з реверсивного асинхронного двигуна 2 потужністю 2,5 кВт(напруга 660/380 В), чотиріступінчастого редуктора 5, масляного насоса 1 і двох спарених гідроциліндрів 4. Штоки поршнів гідроциліндрів сполучені траверсою, в упорному підшипнику якої закріплений порожнистий шпindel 5. У шпинделі за допомогою затискного патрона кріпиться бурова штанга. Електробур встановлюють на колонці або маніпуляторі за допомогою цапф 6.

Хід гідроподатчика складає 900 мм. Максимальна глибина шпурів без заміни штанги дорівнює 2,2 м. Після вибурування шпуру на довжину ходу гідроподатчика затискний патрон звільняє бурову штангу і поршні з траверсою і шпинделем повертаються у вихідне положення. Зусилля подачі плавно регулюється незалежно від частоти обертання шпинделя.

Деталь вал-шестерня 2812.013.03.003 є входить до складу масляного

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ – 19090007. 00. ПЗ

Лист

8

шестеренного насосу бура електрогідравлічного ЕБГП-1М (рис. 1.2),.

Шестеренний насос складається з пари зчїпних між собою шестерень поз. 10 і 13 (рис. 1.2), поміщених в корпус 11, що щільно їх охоплює з каналами для підведення і відведення масла. При обертанні шестерень рідина, укладена в западинах зубів, переноситься в камеру нагнітання, яка утворена корпусом насоса і зубами.

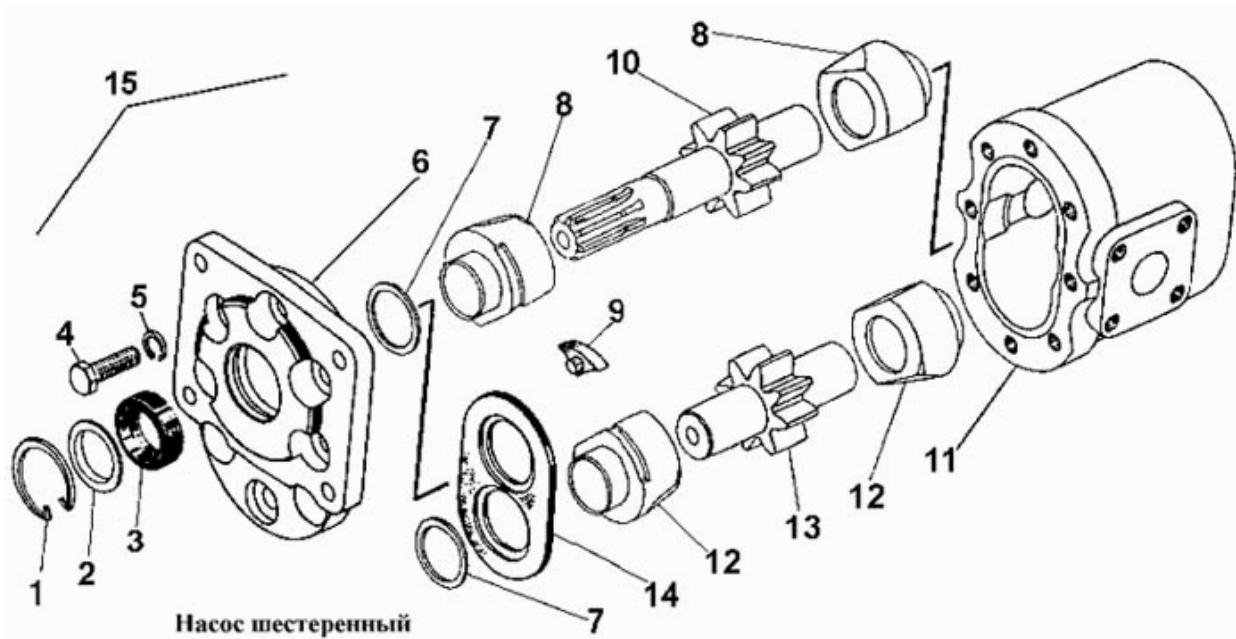


Рисунок 1.2 - Ескіз масляного насоса бура ЕБГП-1М

До складу вузла входять наступні деталі:

- |                  |                                   |
|------------------|-----------------------------------|
| 1 – кільце;      | 8 – підшипник 201                 |
| 2 – прокладка;   | ГОСТ8338-75                       |
| 3 – підшипник;   | 9- штифт Ø4m6x20 ГОСТ 3128-70;    |
| 4 - болт М6х30   | 10 –вал-шестерня 2812.013.03.003  |
| 5 – шайба 6 65Г; | 11 – корпус                       |
| 6 – кришка;      | 12 – підшипник 201 ГОСТ8338-75    |
| 7 – манжета;     | 13 –вал-шестерня 2812.013.03.005; |

Вал-шестерня 2812.013.03.003 поз. 10 (рис. 1.2) входить до складу насоса бура електрогідравлічного ЕБГП-1М і призначений для створення крутного моменту.

В процесі виготовлення деталь піддається термообробці (48 ... 52HRC) для зняття внутрішніх напружень. Основні поверхні деталі та схема її

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

базування у вузлі показані на рис. 1.3.

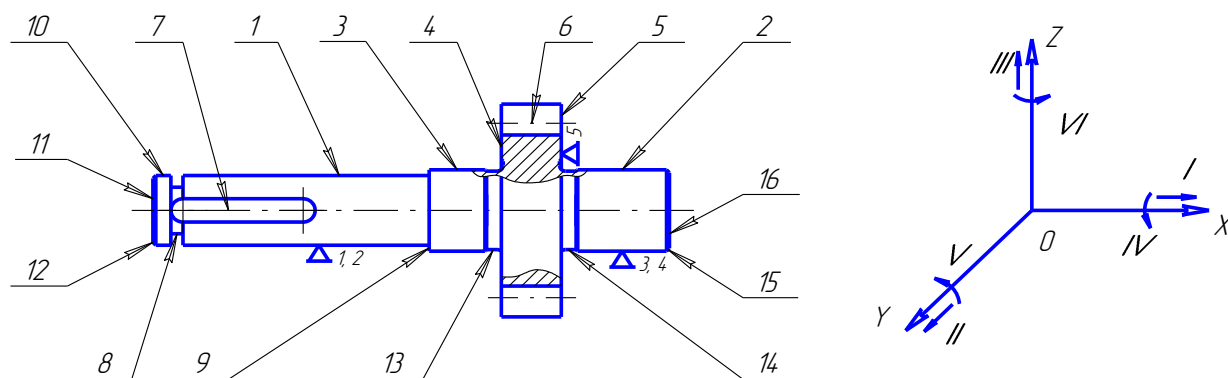


Рисунок 1.3 - Ескіз деталі "Вал-шестерня"

Поверхні 1, 2 і 5 призначені для установки і визначають положення деталі у вузлі (складальної одиниці). По поверхні 1 вал запресований в підшипник 201 (поз. 10), а по поверхні 2 деталь встановлена в кришці (поз.5) з забезпеченим зазором 0,005 ... 0,030мм, яка грає роль підшипника ковзання. По поверхні 3 вал також повинен бути оброблений по деталі кришка (поз.1) з зазором 0,005 ... 0,030мм. По поверхнях 4 і 5 торцевий зазор між шестернею і кришками (поз. 1, 5) повинен бути 0,010...0,020мм (Забезпечується за рахунок підбору і доведення корпусу (поз.6) і самого валу-шестерні (поз.7)). У комплексі ці поверхні забезпечують рівномірний без заїдань обертання валу.

Поверхня 6 (зубчаста поверхня) призначена для створення крутного моменту і разом з зубами валу-шестерні (поз.8) при спільному обертанні переміщує рідину, укладену в западинах зубів, в камеру нагнітання. На поверхні 1 також розташована манжета (поз. 23) і колесо циліндричне прямозубе (поз.3), якій через шпонку (поз. 16), встановлену в паз валу по поверхні 7, передається крутний момент.

У канавку (поверхню 8) встановлена стопорна шайба (поз. 19), яка надійно фіксує колесо циліндричне прямозубе (поз. 3) на валу.

В цілому деталь у вузлі позбавлена п'яти ступенів свободи. Комплект

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

основних конструкторських баз складається з 2-х поверхонь: 1 і 2 - подвійна напрямна база (ДКБ); 5 – опорна база (ОКБ).

Існуюче розмаїття поверхонь деталей можна класифікувати за чотирма видами:

Виконавчі - поверхні, за допомогою котрих деталь виконує своє службове призначення безпосередньо - це поверхня зубів 6, передає крутний момент.

Основні конструкторські бази - поверхні, за допомогою яких визначається положення деталі у вузлі - поверхні 1, 2 і 5.

Допоміжні конструкторські бази - поверхні, за допомогою яких визначається положення приєднуються деталей щодо цієї деталі. Ними є поверхні 3, 4, 7 і 8.

Поверхні 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 і 16 - вільні поверхні, не стикаються з поверхнями інших деталей виробу, але визначають габарити, масу, жорсткість і інші параметри деталі.

Таблиця 1.2 - Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступінь свободи	Найменування бази
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	ДНБ
5	I	ОБ
Вакансія	IV	

Таблиця 1.3 - Матриця зв'язків

		X	Y	Z
ДКБ	L	0	1	1
	$\alpha$	0	1	1

ОКБ	L	1	0	0
	α	0	0	0
Вакансія	L	0	0	0
	α	1	0	0

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ – 19090007. 00. ПЗ

Лист

12

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

На підставі вивчення робочого креслення деталі можна зробити висновок, що на кресленні присутні всі необхідні види з дотриманням правил ЕСКД, всі необхідні проекції і дані допоміжні види, що дають повну інформацію про деталі і технічних вимог до неї. Аналізуючи, можна відзначити наступне:

- на всіх поверхнях вказані вихідні дані: розміри і їх точність, відповідна шорсткості (і навпаки), яка проставлена на робочому кресленні;
- на підставі аналізу службового призначення деталі видно, що конструктором призначені правильно числові значення точності взаємного розташування її поверхонь, форми і точності виконання розмірів;
- деталь виготовляється з матеріалу: сталь 40Х ГОСТ 4543-71;
- деталь термічно обробляється після чорнової обробки для зняття внутрішніх напружень і отримання більш точних розмірів на остаточній стадії обробки.

Креслення деталі містить такі допуски взаємного розташування поверхонь:

- радіальне биття зовнішніх циліндричних поверхонь  $\varnothing 12k6$ ;  $\varnothing 36,62f7$ ;  $\varnothing 14$  відносно бази Б (вісь деталі). Допуск складає 0,01 мм;
- торцеве биття торцевих поверхонь шестерні 10h6 відносно бази Б (вісь деталі). Допуск складає 0,01 мм;
- допуск паралельності торцевих поверхонь шестерні 10h6. Допуск складає 0,005 мм.

За параметром шорсткості на кресленні всі поверхні можна розділити на чотири групи:  $Ra = 6,3$  мкм;  $Ra = 0,8$  мкм;  $Ra = 0,4$  мкм;  $Ra = 0,2$  мкм.

На кресленні деталі вказані наступні технічні вимоги:

1. 48 ... 52 HRC- після термообробки деталі твердість поверхні повинна становити 48 ... 52 одиниці по Роквелу. Так як вал передає крутний момент, то

					ТМ – 19090007. 00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

має бути забезпечена його міцність і зносостійкість.

3. На торці В допускаються три вм'ятини під кутом  $120^\circ$ , шириною 0,5 мм, глибиною 0,3 мм - обумовлюється можливість наявності незначних пошкоджень поверхні на торці В внаслідок установки деталі в центрах (слід може залишитися від рифленого центру) на одній з технологічних операцій.

До недоліків можу віднести відсутність пункту в технічних вимогах про допуски на вільні розміри, які є на кресленні. Пропоную додати пункт: "Незазначені граничні відхилення розмірів по H14, h14,  $\pm IT14 / 2$ ."

					ТМ – 19090007. 00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

Тип виробництва згідно з ГОСТ 3.1108-74 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{30}$ , який показує відношення всіх різних операцій, виконуваних підрозділом протягом місяця, до числа робочих місць. Всі розрахунки проводимо відповідно до методики, викладеної в [11], і їх результати заносимо в таблицю 3.1.

Кількість обладнання в табл. 3.1 розраховувалося за формулою:

$$m_p = (N \times T_{шт.к.}) / (60 \times F_d \times \eta_{з.н.}), \quad (3.1)$$

де  $F_d$  – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, час.;

$F_d = 4029$  час.

$\eta_{з.н.} = 0,8$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання для дрібносерійного виробництва [11];

$T_{шт.к.}$  – штучно-калькуляційний час обробки деталі на одній операції, хв.

Таблиця 3.1- Розрахункові дані по операціям

№ п/п	Операція	$T_{шт.к.}$ , хв.	$m_p$ , шт.	$P$ , чол.	$\eta_{з.ф.}$	$O$
1	Токарно-гвинторізна	4	0,025	1	0,025	32
2	Токарна с ЧПК	8	0,05	1	0,05	16
3	Токарна с ЧПК	5	0,03	1	0,03	27
4	Токарна с ЧПК	6	0,04	1	0,04	20
5	Токарна с ЧПК	5	0,03	1	0,03	27
6	Шпонково-фрезерна	2,2	0,014	1	0,014	57
7	Зубофрезерна	15	0,1	1	0,1	8
8	Круглошліфувальна	3	0,02	1	0,02	40
9	Зубошліфувальна	6	0,04	1	0,04	20
				$\Sigma P=9$		$\Sigma O=247$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------



У підсумку, кількість обладнання по кожній операції розрахуємо:

$$m_{p1} = \frac{1200 \times 4}{60 \times 4029 \times 0,8} = 0,025$$

Кількість робочих місць по кожній операції:

$$P1 = P2 = P3 = P4 = P5 = P6 = P7 = P8 = P9 = 1$$

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця визначаємо по залежності:

$$\eta_{з.ф.} = m_p/P \quad (3.2)$$

Результати розрахунків по кожній операції заносимо в табл. 3.1.

Число операцій, що виконуються на даному робочому місці:

$$O = \eta_{з.н.} / \eta_{з.ф.} \quad (3.3)$$

Результати розрахунків по кожній операції заносимо в табл. 3.1.

Коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{zo} = \Sigma O / \Sigma P = 247 / 9 = 27,4$$

$$20 < K_{zo} < 40$$

Значення коефіцієнта закріплення операцій відповідає дрібносерійному типу виробництва [11].

Характеристика дрібносерійного типу виробництва [3, с. 34]:

Серійне виробництво займає проміжне положення між одиничним виробництвом і масовим виробництвом. При серійному виробництві вироби виготовляють партіями або серіями, що складаються з однойменних, однотипних за конструкцією і однакових за розмірами виробів, що запускаються у виробництво одночасно. Основним принципом цього виду виробництва є виготовлення всієї партії цілком як в обробці деталей, так і в збірці. У дрібносерійному виробництві технологічний процес переважно диференційований. Розчленований на окремі операції, які закріплені за певними верстатами. Застосовуються верстати з ЧПК і універсальні верстати.

Технологічне оснащення в основному універсальна, однак, у багатьох

випадках створюється високопродуктивна спеціальне оснащення. Велике значення має універсально-збірна, переналагоджувані технологічне оснащення, що дозволяє істотно підвищити коефіцієнт оснащеності дрібносерійного виробництва. В якості вихідних заготовок використовується холодний і гарячий прокат, лиття в землю і під тиском, точне лиття, поковки і точні штампування і пресування.

Середня кваліфікація робітників вище, ніж в масовому виробництві, але нижче, ніж в одиничному виробництві. Поряд з робітниками високої кваліфікації, які працюють на складних універсальних верстатах, і налагоджують використовуються робочі оператори, що працюють на настроєних верстатах.

Дрібносерійне виробництво економніше, ніж одиничне, так як краще використання устаткування, спеціалізація робочих, збільшення продуктивності праці забезпечує зменшення собівартості продукції.

Визначимо кількість деталей в партії запуску, шт .:

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (3.4)$$

де  $F$  - число робочих днів у році;

$N$  - обсяг випуску продукції;

$a$  - періодичність запуску ( $a = 3, 6, 12, 24$  днів).

$$n = \frac{1200 \cdot 12}{254} = 57 \text{ шт}$$

Визначення такту випуску, хв:

$$\tau = \frac{60 \cdot F_{\partial} \cdot n}{N}, \quad (3.5)$$

де  $F_{\partial}$  - дійсний річний фонд роботи обладнання в одну зміну, час.

$F_{\partial} = 2015$  час.

$n$  - кількість змін роботи;

$60$  - коефіцієнт перекладу (годинник в хвилини).

					ТМ – 19090007. 00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17



#### 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Деталь вал-шестерня 2812.013.01.003 виготовлена з легованої сталі 40Х ГОСТ 4543-71 і проходить термічну обробку. Термічна обробка може викликати викривлення, можливих при нагріванні і охолодженні деталі. Хімічний склад і фізико-механічні властивості представлені в табл. 4.1 і табл. 4.2 відповідно. Хоча перемичка, що зв'язує тіло зубчастого вінця, нетехнологічна через утрудненого підведення різального інструменту в процесі її обробки, але в цілому конструктивно вона розташована вдало, так як дотримується симетрія з сусідніми поверхнями і при термічній обробці не виникнуть односторонні спотворення.

З точки зору механічної обробки зубчасті колеса взагалі не технологічні, так як операція нарізування зубів зі зняттям стружки виробляється в основному малопродуктивними методами.

До нетехнологічних елементів можна також віднести наявність глухого паза 4Н11, що ускладнює його обробку, а також наявність двох центрових отворів В3,15 ГОСТ 14034-74.

Таблиця 4.1 - Хімічний склад сталі 40Х ГОСТ 4543-71

C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %
0,36...0,44	0,17...0,37	0,50...0,80	0,8...1,1	0,3	0,3

Таблиця 4.2 - Фізико-механічні властивості сталі 40Х ГОСТ 4543-71

Механічні властивості						Фізичні властивості		
$\sigma_t$ , кГ/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , кГ/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	$\alpha_n$ , кГ·м/см <sup>2</sup>	Твердість по Брінеллю, НВ	$\nu$ , г/см <sup>2</sup>	$\lambda$ , кал/см х сек·град	$\alpha \cdot 10^{-6}$
80	100	10	45	6	217	7,85	0,11	13,4

## 5 ВИБІР СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

В даний час заводську заготовку отримують зі сталі 40Х ГОСТ 4543-71 (сталь низьколегована) відрізанням з прокату необхідного розміру з наступним вільним куванням на молотах. Цей метод дає низьку точність розмірів, тому у поковки великі припуски і напуски. Спосіб отримання заготовки повинен бути найбільш економічним при заданому обсязі випуску деталей.

Крім мінімальної металоємності і трудомісткості до заготовки пред'являють ряд вимог з точки зору їх подальшої механічної обробки. До числа таких вимог відносяться:

- мінімальні припуски на обробку - знижується собівартість за рахунок зменшення кількості проходів і переходів;
- раціональне розташування ливарних і штампувальних ухилів;
- підвищена точність розмірів;
- мінімізація або повне усунення дефектного шару, який з одного боку призводить до збільшення припусків, а з іншого боку - до зниження стійкості різального інструменту;

Пропоную для виготовлення деталі використати більш продуктивний метод отримання заготовки – штампування на КГШП (кивошипний гаряче штампувальний прес); спосіб нагріву заготовки - індукційний.

Штампування – це вид обробки металу тиском, при якому формоутворення кування з нагрітої заготовки здійснюють за допомогою спеціального інструменту – штампа. Штампування дозволяє виготовляти заготовки більш складної форми з високою якістю поверхні. При штампуванні на КГШП добре виконана конструкція штампів забезпечує меншу величину зсуву половин штампа, зменшення припусків (на 20...30%), напусків, штампувальних ухилів (в 2-3 рази), допусків і як наслідок – збільшення

					ТМ – 19090007. 00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

коефіцієнта використання матеріалу. Підвищується продуктивність праці.

Виконаємо розрахунок заготовки штамповки. Величина припусків і допусків на заготовку визначається по [4].

Вихідні дані для розрахунку:

Матеріал заготовки - Сталь 40Х ГОСТ 4543-71

C - 0,36...0,44% Cr - 0,8...1,1%

Si - 0,17...0,37% Ni < 0,3%

Mn - 0,50...0,80% Sn < 0,3%

1) Клас точності поковки - Т3 [4, дод. 1].

2) Група сталі - М2 [4, дод. 1].

3) Коефіцієнт орієнтовною маси поковки для даної деталі:  $K_p = 1,3...1,6$  [4, дод. 1]. Приймаємо  $K_p = 1,5$

Розрахункова маса поковки, кг:

$$M_{II} = m_{\partial} \cdot K_p, \quad (5.1)$$

де  $m_{\partial}$  - маса деталі (0,185 кг)

$$M_{II} = 0,185 \cdot 1,5 = 0,28 \text{ кг}$$

4) Розміри фігури (вал), що описує поковку:

діаметр -  $36,6 \times 1,05 = 38,4$  мм;

довжина -  $86 \times 1,05 = 90,3$  мм

Маса фігури, що описує:

$$M_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\phi}^2}{4} \cdot l_{\phi} \cdot \gamma = \frac{3,14 \cdot 38,2^2}{4} \cdot 90,3 \cdot 7,85 \cdot 10^{-3} = 0,82 \text{ кг}$$

Відношення маси поковки до маси фігури, що описує:

$$\frac{M_{II}}{M_{\phi}} = \frac{0,28}{0,82} = 0,34$$

5) Для  $C > 0,32$  до 0,63 включно ступінь складності С2 [4, дод. 2].

6) Вихідний індекс - 7 [4, табл. 2].

					ТМ – 19090007. 00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

7) Додаткові припуски:

- зміщення по поверхні штампа - 0,1 мм [4, табл. 4];
- відхилення від площинності і прямолінійності - 0,2 мм [4, табл. 5].

8) Розміри поковки і її допустимі відхилення:

- діаметр  $37 + (1,1 + 0,1) \times 2 = 39,4$  мм;
- діаметр  $14 + (1,1 + 0,1) \times 2 = 16,4$  мм;
- діаметр  $12 + (1,1 + 0,1) \times 2 = 14,4$  мм;
- товщина  $40 + (1,1 + 0,2) \times 2 = 42,6$  мм;
- товщина  $18 - 1,1 - 0,2 + 1,1 + 0,2 = 18$  мм;
- товщина  $10 + (1,1 + 0,2) \times 2 = 12,6$  мм;

Припуски і допуски зведені в табл. 5.1.

9) Маса заготовки обчислюється за формулою, кг:

$$M_3 = V_3 \cdot \gamma, \quad (5.2)$$

де  $V_3$ —об'єм заготовки, як сума складових елементарних фігур, який обчислюється за формулою:  $V_3 = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$

$$M_3 = 0,029 \cdot 7,85 = 0,23 \text{ кг}$$

Таблиця 5.1 - Припуски і допуски на заготовку, мм

Найменування поверхні	Розмір	Припуск на сторону	Допуски	Додаткові припуски	Розмір заготовки
Зовнішня	Ø37f7	1,1	+0,6 -0,3	0,1	39,4
Зовнішня	Ø14h6	1,1	+0,6 -0,3	0,1	16,4
Зовнішня	Ø12k6	1,1	+0,6 -0,3	0,1	14,4
Лінійна	40±0,31	1,1	+0,6 -0,3	0,2	42,4
Лінійна	18-0,43	1,1	+0,6 -0,3	0,2	18
Лінійна	10h6	1,1	+0,6 -0,3	0,2	12,6
Лінійна	86-0,87	1,1	+0,7 -0,3	0,2	88,6

Ескіз заготовки поковки наведений на рис.5.1.

На кресленні заготовки необхідно вказати наступні технічні вимоги:

1. Поковка Гр.ІІ - 285...331 НВ ГОСТ 8479-70.
2. Поковка штампована ГОСТ 7505-89 на КГШП, клас точності Т3, група сталі М2, ступінь складності С2, вихідний індекс 7.
3. Допустима величина торцевого задирки 0,1 мм.
4. Зсув площині роз'єму штампа 0,1 мм.
5. Маркувати: номер замовлення, матеріал, номер позиції.

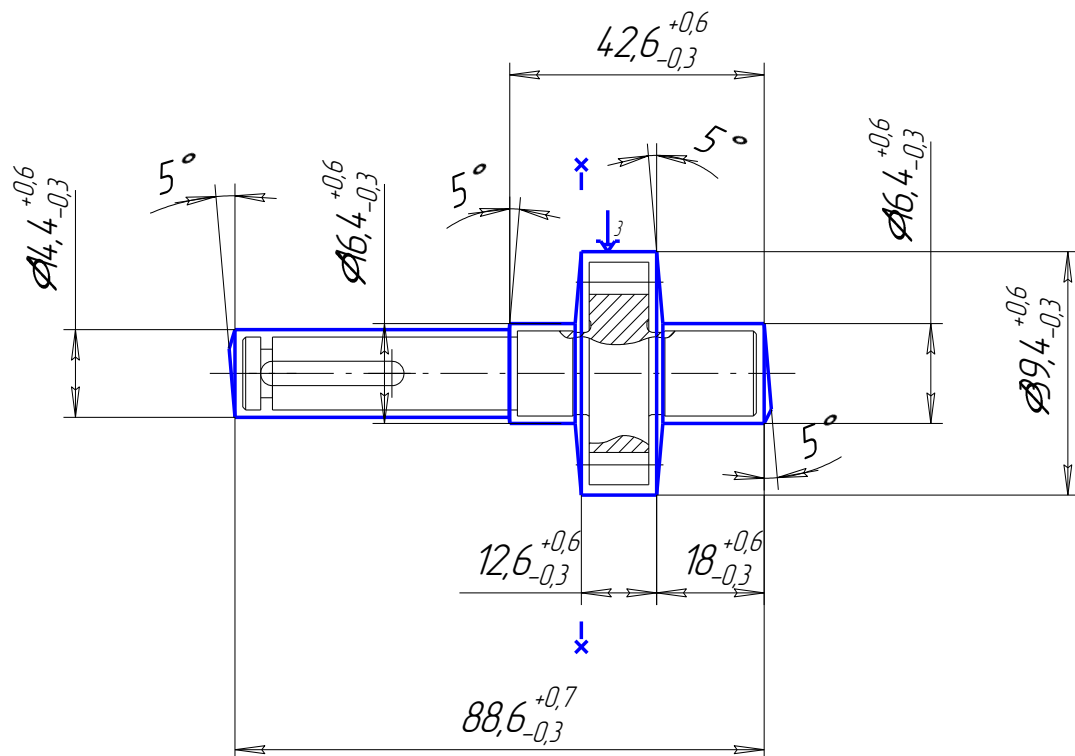


Рисунок 5.1 - Ескіз заготовки поковки

При визначенні собівартості заготовки, одержаної різними способами, необхідно враховувати, що припуски на ковану заготовку більше за припуски на штамповану. Тобто маса кованої заготовки буде більшою від маси

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ – 19090007. 00. ПЗ

Лист

23



штампованої заготовки не менш ніж на 40%.

Розрахунок вартості заготовки обчислимо [11, с. 30] за формулою, грн :

$$S_{заг} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_t \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_m \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (5.3)$$

де  $C_i$  – базова вартість 1 тонни заготовки, грн.,  $C_i = 4500$  грн.;

$Q$  – маса заготовки, кг,  $Q_{загШ} = 0,23$  кг;  $Q_{загК} = 0,373$  кг;

$k_t$  – коефіцієнт, що залежить від точності штамповок по [4], при нормальній точності приймаємо  $k_t = 1$ ;

$k_c$  – коефіцієнт, що залежить від групи складності, по [4, дод. 2] група складності С2, тому  $k_c = 0,87$  [11, с.38, т. 2,12];

$k_g$  – коефіцієнт, що залежить від матеріалу і маси штампування [11, с.38, т. 2,12],  $k_g = 2$  при  $Q_2 = 0,23$  кг,  $k_g = 1,64$  при  $Q_1 = 0,373$  кг;

$k_m$  – коефіцієнт, що враховує марку матеріалу штампування,  $k_m = 1,13$  [11, с.37];

$k_n$  – коефіцієнт, що враховує обсяг виробництва штамповок,  $k_n = 0,8$  [11, с.38, т. 2,13];

$q$  – маса готової деталі, кг,  $q = 0,185$  кг;

$S_{відх}$  – ціна 1 тонни відходів, кг,  $S_{відх} = 800$  грн.

Собівартість заготовки, отриманої методом штампування на КГШП:

$$S_{загШ} = \left( \frac{4500}{1000} \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 2 \cdot 1,13 \cdot 0,8 \right) - (0,23 - 0,185) \cdot \frac{800}{1000} = 1,59 \text{ грн}$$

Собівартість заготовки, отриманої методом вільного кування:

$$S_{загК} = \left( \frac{4500}{1000} \cdot 0,373 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1,64 \cdot 1,13 \cdot 0,8 \right) - (0,373 - 0,185) \cdot \frac{800}{1000} = 2,01 \text{ грн}$$

Собівартість штампованої заготовки нижче собівартості заготовки отриманої методом кування:

$$1,59 < 2,01$$

Визначимо річний економічний ефект від впровадження нового методу отримання заготовки куванням на КГШП:

$$E_{заг} = (S_{загК} - S_{загШП}) \cdot N = (2,01 - 1,59) \cdot 1200 = 504 \text{ грн}$$

Згідно з проведеними розрахунками, ефективність нового методу отримання заготовки становить 504 гривні на рік.

					ТМ – 19090007. 00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

## 6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ЧИ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

### 6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Припуски, допуски і міжопераційні розміри визначимо розрахунково-аналітичним методом проф. Кована В.М. за допомогою ЕОМ для діаметрального розміру Ø12к6.

Згідно з технологічним процесом механічної обробки зовнішньої циліндричної поверхні Ø12к6, останню обробляємо в чотири етапи: чорнове, напівчистове, чистове точіння й кругле шліфування. Всі необхідні дані для розрахунку на ЕОМ зводимо в таблицю 6.1. Тут значення  $Rz_{i-1}$  і  $H_{i-1}$  визначалися з [11, 13]:

- для поковки:  $Rz_{i-1} = 160$  мкм;  $H_{i-1} = 200$  мкм;
- після чорнового точіння:  $Rz_{i-1} = 50$  мкм;  $H_{i-1} = 50$  мкм;
- після напівчистового точіння:  $Rz_{i-1} = 25$  мкм;  $H_{i-1} = 25$  мкм;
- після чистового точіння:  $Rz_{i-1} = 5$  мкм;  $H_{i-1} = 10$  мкм.

Величини просторових відхилень заготовки  $\rho_{i-1}$  розраховувалися за формулою з [11], мкм:

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\text{виг}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2}, \quad (6.1)$$

де  $\rho_{\text{виг}}$  – величина вигину штамповки, мкм;

$\rho_{\text{зм}}$  – величина зміщення ступенів штамповки, мкм.

В свою чергу:

$$\rho_{\text{виг}} = \Delta_{\kappa} \cdot l = 500 \text{ мкм},$$

де  $\Delta_{\kappa}$  – питома кривизна заготовки на 1 мм довжини, мкм;

$l$  – довжина, мм.

В результаті отримаємо:

										Лист
										26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						



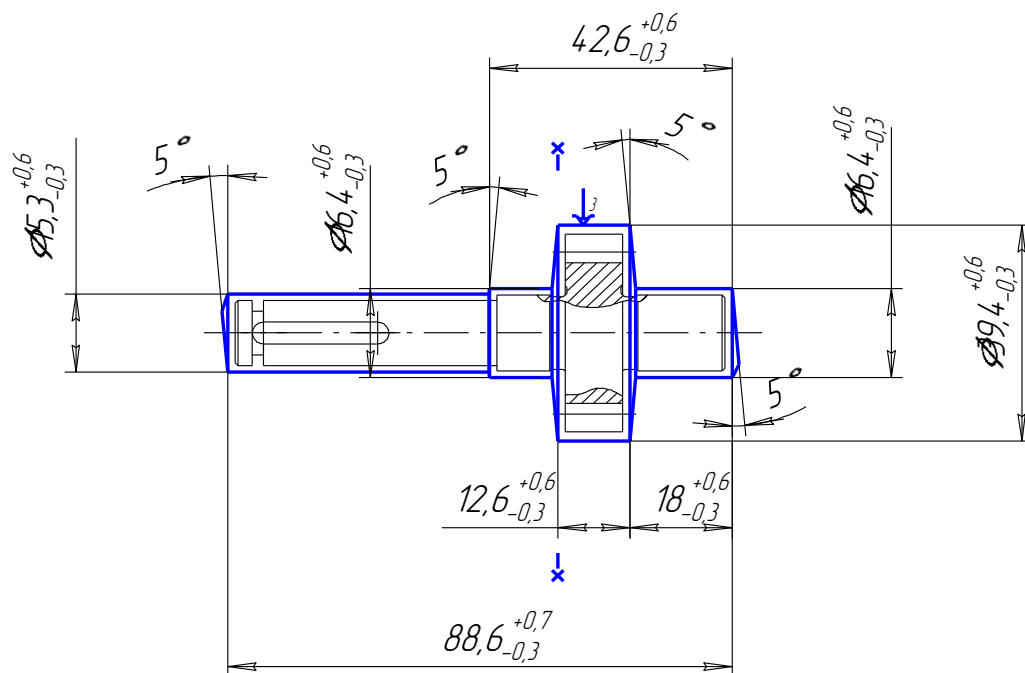


Рисунок 6.1 - Ескіз заготовки поковки з уточненими розмірами

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ – 19090007. 00. ПЗ

Лист

28

## 6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

Вибір схем базування і закріплення заготовки робить істотний вплив не тільки на точність і якість оброблюваних поверхонь, але і на подальше обґрунтування вибору верстатного устаткування, засобів технологічного оснащення. Обрана схема базування повинна передбачати як принцип сталості, так і принцип єдності технологічної конструкторської та виміральної баз, забезпечувати можливість простого і зручного закріплення заготовки.

Вибір методу установки і закріплення заготовки на верстаті визначається конфігурацією заготовки, серійністю виготовлення і прийнятими методами обробки.

Розглянемо вибір схем базування на токарно-гвинторізну операцію 015 і шпонково-фрезерну операцію 050 технологічного процесу механічної обробки заготовки «валу-шестерні 1554.013.03.005».

Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки на токарно-гвинторізній операції 015

На токарно-гвинторізній операції 015 проводиться обробка циліндричних поверхонь і торців заготовки з двох установів. Точність оброблюваних поверхонь відповідає 14 квалітету.

На операцію 015 заготовка надходить після заготівельної операції 005 без попередньої обробки поверхонь. Базування і закріплення заготовки будемо здійснювати в трикулачковому самоцентруючому патроні. Розглянемо дві схеми базування заготовки.

В якості базової поверхні при установі А приймемо циліндричну поверхню  $\varnothing 39,4$  мм по схемі №1 та  $\varnothing 16,4$  мм по схемі №2.

					ТМ – 19090007. 00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

При установі Б – оброблену циліндричну поверхню  $\varnothing 15$  мм.

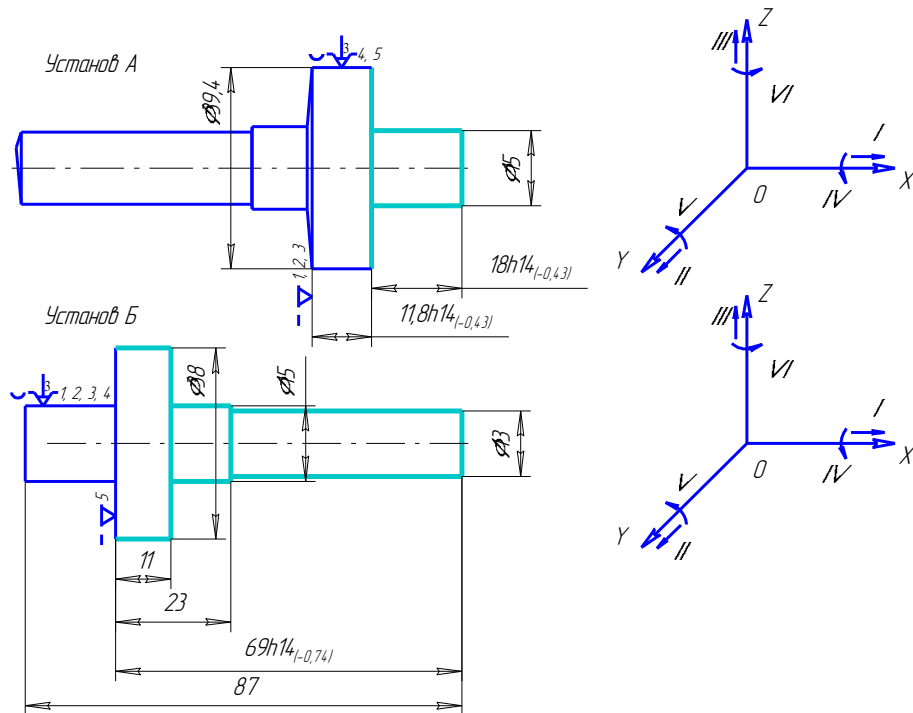


Рисунок 6.2 - Базування заготовки на операції 015 за схемою №1

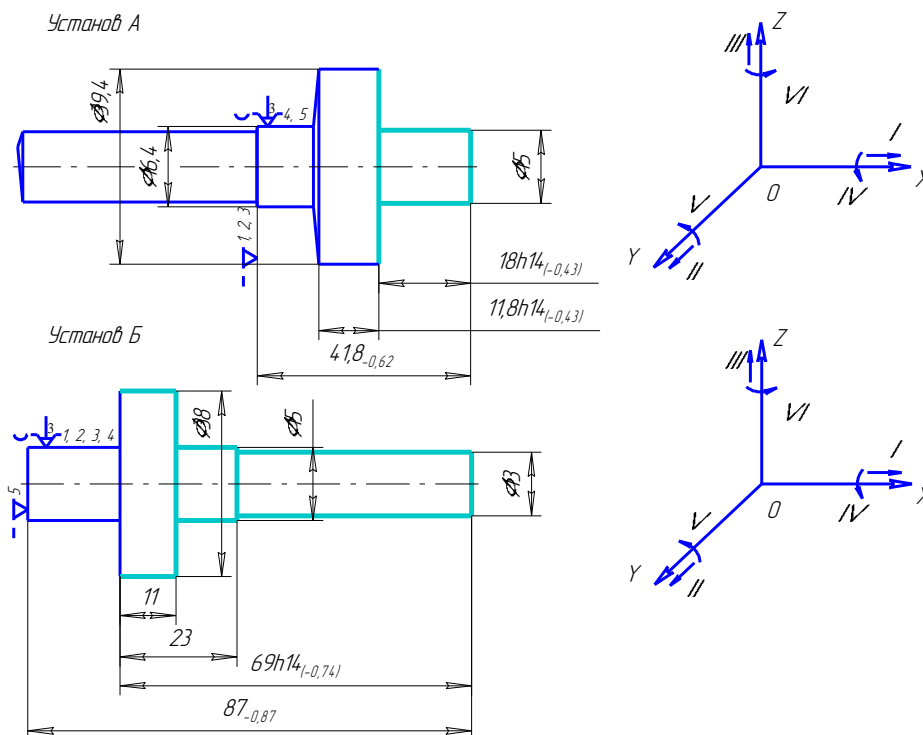


Рисунок 6.3 - Базування заготовки на операції 015 за схемою №2

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Таблиця 6.3 - Таблиця відповідностей для установа А

Зв'язки	Ступінь свободи	Найменування бази
1, 2, 3	I, V, VI	ОКБ
4, 5	II, III	ДКБ
Вакансія	IV	

Таблиця 6.4 - Матриця зв'язків для установа А

		X	Y	Z
ОКБ	L	1	0	0
	$\alpha$	0	1	1
ДКБ	L	0	1	1
	$\alpha$	0	0	0
Вакансія	L	0	0	0
	$\alpha$	1	0	0

Розташування опорних поверхонь при двох схемах базування показані на рис.6.2 і рис.6.3. Таблиця відповідностей і матриця зв'язків наведені: для установа А - в табл. 6.3 і табл. 6.4; для установа Б - в табл. 6.5 і табл. 6.6.

Таблиця 6.5 - Таблиця відповідностей для установа Б

Зв'язки	Ступінь свободи	Найменування бази
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	ДКБ
5	I	ОКБ
Вакансія	IV	



Таблиця 6.6- Матриця зв'язків для установка Б

		X	Y	Z
ДКБ	L	0	1	1
	$\alpha$	0	1	1
ОКБ	L	1	0	0
	$\alpha$	0	0	0
Вакансія	L	0	0	0
	$\alpha$	1	0	0

При установці заготовки в патроні похибка базування в радіальному напрямку дорівнює нулю  $\mathcal{E}_{\sigma II} = 0$ . Знайдемо похибка базування в осьовому напрямку. При установці упору по 1 схемою і по 2 схемі на похибка базування впливає сума допусків на розміри складових ланок і дорівнює:

Установ А

$$\mathcal{E}_{\sigma_{18;11,8}}^{IA} = \sum Td^A_{Icx} = 0,43 + 0,43 = 0,86 \text{ мм};$$

$$\mathcal{E}_{\sigma_{11,8}}^{IIA} = Td^A_{41,8} + Td^A_{18} = 0,62 + 0,43 = 1,05 \text{ мм}$$

$$\mathcal{E}_{\sigma_{18}}^{IIA} = Td^A_{41,8} = 0,62 \text{ мм}$$

Установ Б

$$\mathcal{E}_{\sigma_{69}}^{IB} = \sum Td^B_{Icx} = 0,74 \text{ мм};$$

$$\mathcal{E}_{\sigma_{69}}^{IIB} = Td^B_{87} = 0,87 \text{ мм}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

$$\mathcal{E}_{23;11}^{IB} = Td_{87}^B + Td_{69}^B = 0,87 + 0,74 = 1,61 \text{ мм}$$

При порівнянні двох способів видно, що похибка базування за першою схемою менше, ніж за другою схемою. Остаточно приймаємо базування заготовки за першою схемою (рис. 6. 2)

Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки на фрезерній операції з ЧПК 050. На фрезерній операції з ЧПК 050 необхідно отримати паз 4Н11<sup>(+0,075)</sup>

Вибір методу установки і закріплення заготовки на верстаті визначається конфігурацією заготовки, серійністю виготовлення і прийнятими методами обробки. Для отримання даного паза розглянемо дві схеми базування в пристосуванні. В обох випадках встановимо деталь в призмі, зафіксуємо подвійним затискачем, а розташування опори розглянемо за двома схемами. Перша схема базування показана на рис. 6.4, а друга схема базування - на рис. 6.5.

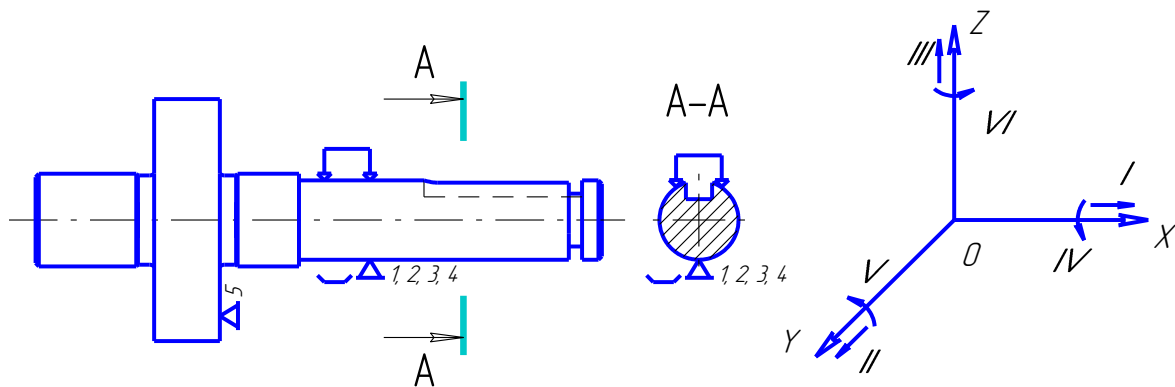


Рисунок 6.4 -Базування заготовки на операції 050 за схемою №1

Деталь в даному пристосуванні позбавляється п'яти ступенів свободи. Конфігурація деталі не дозволяє використовувати в пристосуванні додатковий упор або палець для позбавлення 6-го ступеня свободи. Від провороту деталь буде утримуватися силами тертя. При обох схемах закріплення мають місце 2 технологічні бази: подвійна напрямна база і опорна база.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

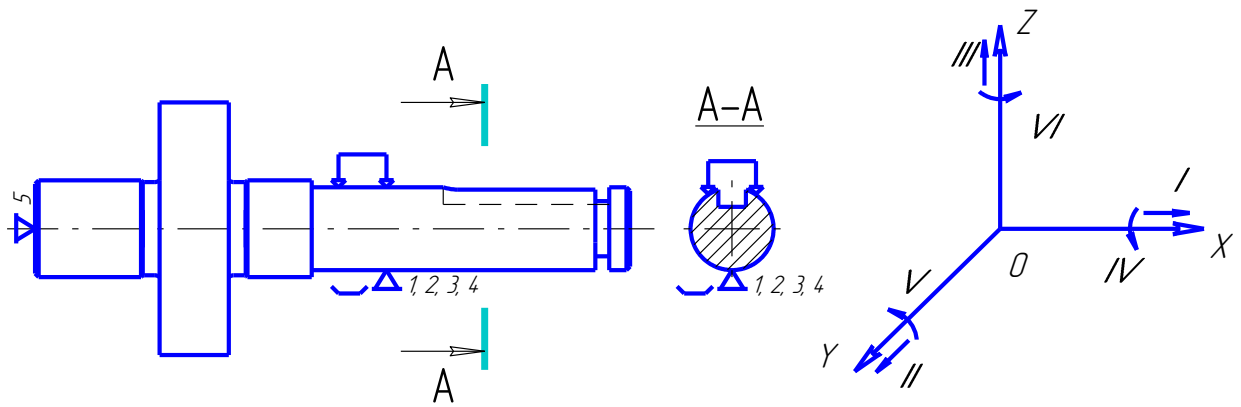


Рисунок 6.5 - Базування заготовки на операції 050 за схемою №2

Таблиця відповідностей і матриця зв'язків наведені в табл. 6.7 і табл.6.8.

Таблиця 6.7 - Таблиця відповідностей

Зв'язки	Ступінь свободи	Найменування бази
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	ПНБ
5	I	ОБ
Вакансія	IV	-

Таблиця 6.8 - Матриця зв'язків

		X	Y	Z
ПНБ	L	0	1	1
	$\alpha$	0	1	1
ОБ	L	1	0	0
	$\alpha$	0	0	0
Вакансія	L	0	0	0
	$\alpha$	1	0	0

При даних схемах установки заготовки в призмі неминуча похибка

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------



### 6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

Вибір металоріжучого устаткування виконувався на основі паспортних даних верстатів [6, табл.9, с.16].

У заводському технологічному процесі для виготовлення валу-шестерні використовуються: токарний верстат з ЧПК моделі 16K20Ф3 та вертикально-фрезерний верстат з ЧПК моделі 6P13Ф3. Аналіз обладнання показує, що його застосування доцільне в умовах дрібносерійного виробництва. У той же час, аналіз застосовуваного обладнання показує, що ці верстати є дещо застарілими. Тому вважаємо за доцільне запропонувати більш сучасні верстати, подібні за технічними характеристиками.

Обґрунтування вибору металорізального верстату на токарно-гвинторізній операції 015. На цій операції проводиться попередня обробка циліндричних поверхонь і торців заготовки з метою підготовки її поверхонь до подальшої обробки. На операції 015 видалюються нерівності поверхні після заготівельної стадії: ухили, задирки, виступи від допустимого зміщення площини роз'єму штампа, кірка.

На операції 015 пропонуємо застосувати токарний верстат з ЧПУ моделі CFG46D (таблиця 6.7). Токарний верстат з ЧПУ моделі CFG46D призначений для токарної обробки деталей в патроні деталей складної конфігурації: обточування циліндричних, конічних і сферичних поверхонь в умовах серійного виробництва з високою точністю обробки.

					ТМ – 19090007. 00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Таблиця 6.7 – Порівняльна характеристика верстатів для виконання токарної операції

Характеристика	Верстати	
	16К20Ф3 (застосовується у заводському технологічному процесі)	CFG46D (пропоноване обладнання)
Найбільша довжина оброблюваного виробу, мм	1000	800
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над станиною, мм	500	450
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над супортом, мм	400	350
Межі чисел оборотів шпинделя, об / хв	10...2000	50...4000
Найбільше переміщення супорта: поздовжнє / поперечне, мм	600/240	720/280
Потужність двигуна головного руху, кВт	10	7,5
Число інструментів, яке можна встановити на верстаті	6	25
Маса, кг	5000	2750

На основі аналізу був обраний верстат моделі CFG46D, так як дана модель більш оптимальна за вагою, габаритами і потужністю.

Для обробки шпонкового пазу на операції 050 «Фрезерна з ЧПК». На операції 040 відбувається фрезерування шпонкового пазу. Для обробки пропонується порівняти вертикально-фрезерні верстати з ЧПУ: LCV-760 та 6P13Ф3. Вибір обладнання був зроблений з урахуванням таких технологічних ознак:

- потужність двигуна: верстат даної моделі обладнаний двигуном 7,5 кВт.
- точність верстата: даний верстат має степінь точності «Н».

Ці параметри цілком достатні для обробки.

Таблиця 6.10 – Порівняльні характеристики верстатів LCV-760 та 6P13Ф3

Характеристика верстата	Модель верстата	
	LCV-760	6P13Ф3
Розміри робочої поверхні стола, мм	400x1200	500x1600
Найбільше повздовжнє переміщення стола, мм	800	1000
Найбільше поперечне переміщення стола, мм	400	400
Найбільше вертикальне переміщення стола, мм	400	370
Клас точності	Н	Н
Діапазон частот обертів шпінделя, хв -1	40 - 2000	31,5-1600
Потужність електродвигуна привода шпінделя, кВт	7,5	10
Потужність електродвигуна привода стола, кВт	1,5	3
Габарити верстата	3320×4800× 2980	3320×4800× 2980
Маса верстата з електрообладнанням, кг	4450	6580

Вертикально-фрезерний верстат з ЧПУ моделі LCV-760 призначений для обробки заготовок складного профілю зі сталі, чавуну, важкооброблюваних сталей і кольорових металів в умовах одиничного і серійного виробництва.

#### 6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

Вибір затискних пристосувань ґрунтується на типі виробництва і конфігурації деталі. На токарно-гвинторізній операції 015 заготовка закріплюється в самоцентруючому трьохкулачковому патроні 7100-0010 ГОСТ 2675-80 [5, с.183]. Базування і закріплення заготовки на шпонково-фрезерній операції проводиться в спеціальному пристосуванні з пневматичним приводом.

Операція 015 Токарна з ЧПК:

Застосовуємо різець 2103-0057 Т15К6 ГОСТ 18879-73 - різець токарний прохідний завзятий правий з пластиною з твердого сплаву Т15К6, кут врізки пластин  $0^\circ$ , перетин державки 25x16 [5, с.247].

Для контролю точності і шорсткості обробленої поверхні в умовах дрібносерійного виробництва використовуємо наступний перелік шаблонів і вимірювального інструмента:

- калібр (4Н11) КМ 8154-0106 Н11 СТП 482544.3.709-83;
- калібр (2,7 + 0,4) КМ 8316-0113 СТП 482544.3.708-83;
- штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89;
- зразок шорсткості поверхні Ra 6,3 ГОСТ 9378-75.

Операція 050 Фрезерна з ЧПК:

Застосовуємо кінцеву фрезу, встановлену в патрон. Виходячи з цього, приймаємо наступну номенклатуру ріжучого і допоміжного інструменту [5, с.296, 362].

- фреза кінцева (ГОСТ 9140-78). Позначення фрези: фреза 2234-4010 ГОСТ 9140-78. Діаметр фрези  $D = 4$  мм, число зубів  $Z = 2$ , хвостовик циліндричний  $\varnothing 6$  мм. Фреза виготовлена зі швидкорізальної сталі Р6М5 по ГОСТ 19265-73.

- допоміжний інструмент - патрон 1-40-6-90 ГОСТ26539-85 - патрон

					ТМ – 19090007. 00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39



цанговий з конусом конусністю 7:24 для кріплення інструменту з циліндричним хвостовиком (патрон виконання 1 з конусом №40).

Перелік технологічного оснащення на аналізовані операції зводимо в таблицю 6.11

Таблиця 6.11 - Перелік технологічного оснащення

Найменування операції	Верстатні пристосування	Ріжучий інструмент	Вимірювальний інструмент
Фрезерна з ЧПК 050	Пристосування спеціальне 7204-4024 с пневмо - приводом	Фреза 2234-4010 P6M5 ГОСТ 9140-78	- калібр (4H11) КМ 8154-0106 H11 СТП 482544.3.709-83; - калібр (2,7 <sup>+0,4</sup> ) КМ 8316-0113 СТП 482544.3.708-83; - штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89; - зразок шорсткості поверхні Ra 6,3 ГОСТ 9378-75
Токарна з ЧПК 015	Патрон самоцентруючий трьохкулачковий 7100-0010 ГОСТ 2675-80	Різець 2103-0057 T15K6 ГОСТ 18879-73	- штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89; - зразок шорсткості поверхні Ra 6,3 ГОСТ 9378-75

## 6.5 Розрахунки режимів різання

Розрахунок режимів різання на токарно-гвинторізну операцію 015. Токарно-гвинторізний операція 015 призначена для точіння циліндричних поверхонь і торців заготовки за два установи на верстаті моделі 16К20. Точність оброблених поверхонь відповідає 14 квалітету. Розрахунок режимів різання ведемо розрахунково-аналітичним способом за допомогою емпіричних формул для  $\varnothing 38$  мм на установі Б.

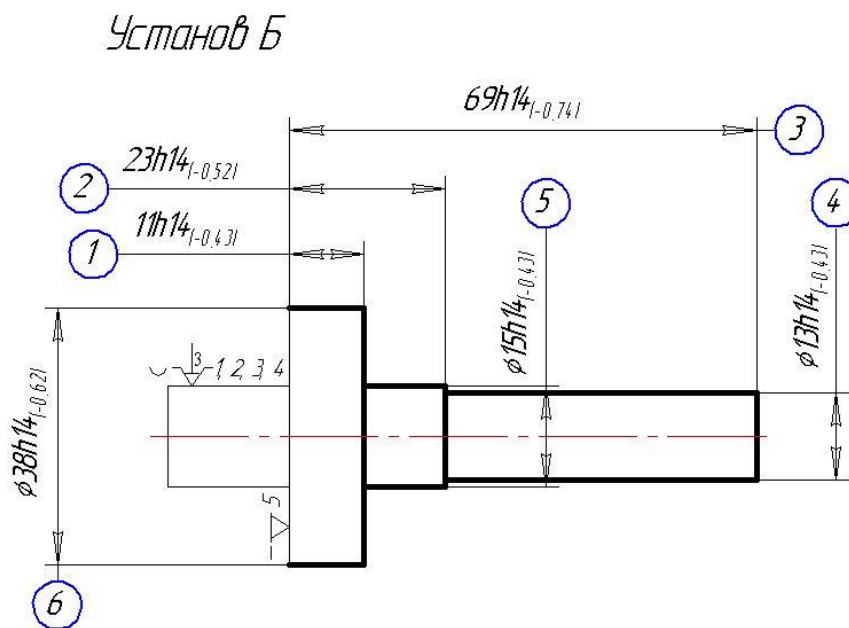


Рисунок 6.6 - Ескіз обробки для розрахунку режимів різання (операція 015)

Паспортні дані токарно-гвинторізного верстата мод. 16К20 [7, с.421]: потужність двигуна 11 кВт; КПД верстата  $\eta=0,75$ . Частота обертання шпинделя,  $\text{хв}^{-1}$ : 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600. Повздовжня подача, мм/об: 0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 2; 2,4; 2,8. Поперечна подача, мм/об: 0,025; 0,03; 0,0375; 0,045; 0,05; 0,0625; 0,075; 0,0875; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1; 1,2; 1,4. Максимальна осьова складова сили різання, що

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ТМ – 19090007. 00. ПЗ

Лист

41

допускається механізмом подачі,  $P_x = 600 \text{ кгс} \approx 6000 \text{ Н}$ .

Призначаємо режими різання.

1. Глибина різання:

При чорновому точінні глибина різання приймається рівною припуску на обробку та дорівнює:

$$t = \frac{39,4 - 38}{2} = 0,7 \text{ мм}$$

2. Назначаємо подачу [6, с. 266, т. 11]:

$$S = 0,5 \text{ мм/об}$$

3. Визначаємо швидкість різання за формулою, м/хв.[6, с. 265]:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (6.4)$$

де  $T$  - стійкість інструменту, хв.;  $T = 60 \text{ хв}$  [6, с. 268]

$t$  - глибина різання, мм;  $t = 0,7 \text{ мм}$

$S$  - подача, мм/об;  $S = 0,5 \text{ мм/об}$

Значення коефіцієнта  $C_V$  і показників ступеня визначаємо по [6, с. 269, т. 17]:  $C_V = 350$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,35$ ;  $m = 0,20$

$K_V$  - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV}, \quad (6.5)$$

де  $K_{MV}$  - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки [6, с. 261, т.1]

$$K_{MV} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_\epsilon} \right)^{n_V} \quad (6.6)$$

Для сталі 40Х -  $\sigma_\epsilon = 700 \text{ МПа}$

$K_r = 1,0$ ;  $n_V = 0,9$  [6, с. 262, т.2]. Звідси:

$$K_{MV} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{700} \right)^{0,9} = 1,06$$

					ТМ – 19090007. 00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

$K_{IV}$  - коефіцієнт, що враховує стан поверхні  $K_{IV} = 0,8$  [6, с. 263, т.5]

$K_{IV}$  - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу інструменту  $K_{IV} = 1,0$  [6, с. 263, т.6]

$$K_V = 1,06 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,85$$

Підставляємо значення в формулу:

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0,7^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,85 = 176,9 \text{ м/хв}$$

4. Визначаємо частоту обертання шпинделя, використовуючи формулу:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (6.7)$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 176,9}{3,14 \cdot 38} = 1482,6 \text{ об/хв}$$

Приймаємо найближче значення за паспортними даними верстата  
 $n_0 = 1600$  об/хв.

Фактична швидкість різання:

$$V_0 = \frac{3,14 \cdot 38 \cdot 1600}{1000} = 191 \text{ м/хв}$$

5. Визначаємо силу різання. Головна складова сили різання при точінні - тангенціальна сила  $P_Z$  визначається за формулою, Н[6, с. 271]:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (6.8)$$

де постійна  $C_p$  і показники ступеня для даної формули визначаються по [6, с. 273, т.22]:  $C_p = 300$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = -0,15$

$K_p$  - коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання і визначається за формулою:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (6.9)$$

Поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу:

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_s}{750} \right)^{0,75} \quad (6.10)$$

$$K_{mp} = \left( \frac{700}{750} \right)^{0,75} = 0,95$$

Поправочні коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів ріжучої частини інструмента на складові сили різання:

$$K_{\varphi p} = 0,89; \quad K_{\gamma p} = 1,0; \quad K_{\lambda p} = 1,0; \quad K_{r p} = 0,87$$

$$K_p = 0,95 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 = 0,74$$

Підставляємо значення:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,7^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 191^{-0,15} \cdot 0,74 = 412,6 \text{ (H)}$$

6. Визначаємо потужність різання (ефективну) за формулою, кВт [6, с. 290]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (6.11)$$

$$N_e = \frac{412,6 \cdot 191}{1020 \cdot 60} = 1,29 \text{ кВт}$$

Розраховані режими різання зведені в таблиці 6.12

Таблиця 6.12 - Режими різання на операції 015

Елементи режимів різання	Значення
Прийнята подача, $S$ мм/об	0,5
Прийнята частота обертання шпинделя, $n_d$ об/хв.	1600
Фактична швидкість різання, $V_d$ м/хв.	191
Фактична потужність різання, $N_e$ кВт	1,29

Розрахунок режимів різання на шпонково-фрезерну операцію 050

Шпонково-фрезерна операція 050 призначена для обробки паза 4Н11<sup>(+0,075)</sup> на верстаті мод. 6Д91. Розрахунок режимів різання для фрезерування паза ведемо розрахунково-аналітичним способом за допомогою емпіричних формул.

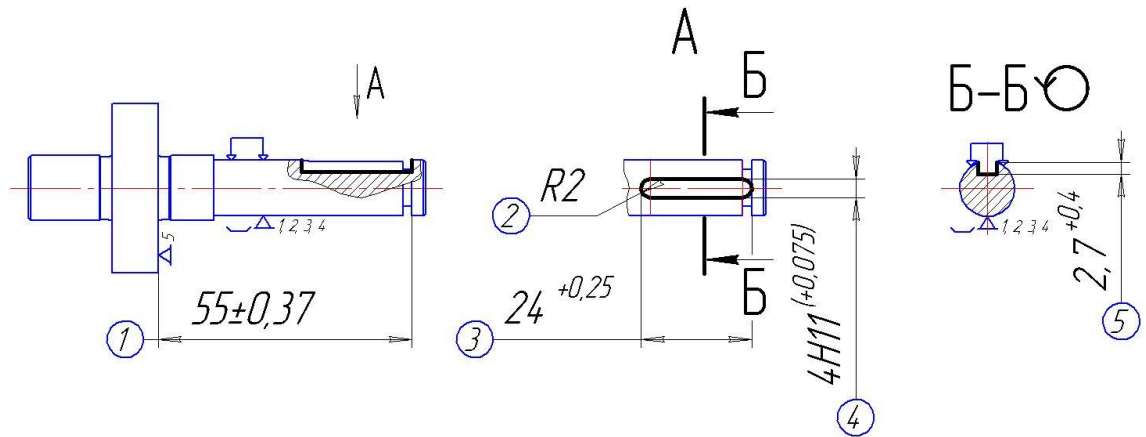


Рисунок 6.7 - Ескіз обробки для розрахунку режимів різання на операції 050

Паспортні дані шпонково-фрезерного верстата мод. 6Д91 [11, с.192]: розмір робочої поверхні столу 200x800 мм; потужність двигуна 2,2 кВт; частота обертання шпинделя, об / хв.: 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000; кількість робочих поздовжніх подач фрезерної головки безступінчасте, діапазон подач: 20 ... 1200 мм / хв.; кількість поперечних подач фрезерної головки безступінчасте; діапазон подач: 20 ... 1200 мм / хв.

Призначаємо режими різання.

1. Глибина різання:

Глибина паза 2,7 мм (з урахуванням припуску на кругло-шліфувальну операцію). Фрезерування на шпонково-фрезерному верстаті відбувається з маятникової подачею. Глибину фрезерування на один подвійний хід встановлюємо:  $t_{дв.х.} = 0,3$  мм

Весь припуск на фрезерування паза знімаємо за 9 проходів ( $i=9$ ).

2. Назначаємо подачу на зуб фрези [6, с. 286, т. 38]:

$$S_z = 0,10 \text{ мм/зуб}$$

3. Визначаємо швидкість різання за формулою, м/хв.[6, с. 282]:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V, \quad (6.12)$$

де  $D$  - діаметр фрези, мм;  $D = 4$  мм

$T$  - стійкість інструменту, хв.;  $T = 80$  хв [6, с. 290]

$B$  - ширина фрезерування, мм;  $B = 4$  мм

$Z$  - число зубів фрези;  $Z = 2$

$t$  - глибина різання, мм;  $t = 0,3$  мм

$S_Z$  - подача на зуб фрези, мм/зуб;  $S_Z = 0,10$  мм/зуб

значення коефіцієнта  $C_V$  и показників ступеня визначаємо по [6, с. 286, т. 39]:

$$C_V = 12; g = 0,3; x = 0,3; y = 0,25; u = 0; p = 0; m = 0,26$$

$K_V$  - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}, \quad (6.13)$$

де  $K_{MV}$  - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу [6, с. 261, т.1]

$$K_{MV} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_\epsilon} \right)^{n_V} \quad (6.14)$$

Для сталі 40X -  $\sigma_\epsilon = 700$  МПа  $K_r = 1,0$ ;  $n_V = 0,9$  [6, с. 262, т.2]. Звідси:

$$K_{MV} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{700} \right)^{0,9} = 1,06$$

$K_{PV}$  - коефіцієнт, що враховує стан заготовки  $K_{PV} = 0,8$  [6, с. 263, т.5]

$K_{IV}$  - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу

$K_{IV} = 1,0$  [6, с. 263, т.6]

$$K_V = 1,06 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,85$$

підставляємо значення:

$$V = \frac{12 \cdot 4^{0,3}}{80^{0,26} \cdot 0,3^{0,3} \cdot 0,10^{0,25} \cdot 4^0 \cdot 2^0} \cdot 0,85 = 12,6 \text{ м/хв}$$

4. Визначаємо частоту обертання шпинделя, використовуючи формулу:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (6.15)$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 12,6}{3,14 \cdot 4} = 1003,2 \text{ об/хв}$$

Приймаємо найближче значення за паспортними даними станка  $n_0 = 1000$  об/хв.

Фактична швидкість різання:

$$V_0 = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 1000}{1000} = 12,6 \text{ м/хв}$$

5. Визначаємо хвилинну подачу по формулі, мм/хв.:

$$S_m = S_Z \cdot Z \cdot n_0 \quad (6.16)$$

$$S_m = 0,10 \cdot 2 \cdot 1000 = 200 \text{ мм/хв}$$

6. Визначаємо силу різання. Головна складова сили різання при фрезеруванні - окружна сила, яка визначається за формулою, Н[6, с. 282]:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} \quad (6.17)$$

де коефіцієнти для даної формули визначаються по [6, с. 291, т.41]:

$$C_p = 68,2; \quad x = 0,86; \quad y = 0,72; \quad u = 1,0; \quad g = 0,86; \quad w = 0$$

$K_{MP}$  - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу і визначається за формулою:

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_b}{750} \right)^{0,75} \quad (6.18)$$

$$K_{MP} = \left( \frac{700}{750} \right)^{0,75} = 0,95$$



Підставляємо значення в формулу (14):

$$P_Z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,3^{0,86} \cdot 0,10^{0,72} \cdot 4^{1,0} \cdot 2}{4^{0,86} \cdot 1000^0} \cdot 0,95 = 113,4 \text{ Н}$$

Осьову силу  $P_X$  встановлюємо зі співвідношення [6, с. 292, т.42]:

$$P_X: P_Z = 0,5 : 0,55$$

Звідси 
$$P_X = \frac{0,5 \cdot P_Z}{0,55} = \frac{0,5 \cdot 113,4}{0,55} = 103,1 \text{ Н}$$

7. Визначимо крутний момент за формулою, Н·м [6, с. 290]:

$$M_{KP} = \frac{P_Z \cdot D}{2 \cdot 1000} \quad (6.19)$$

$$M_{KP} = \frac{113,4 \cdot 4}{2 \cdot 1000} = 2,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

8. Визначаємо потужність різання (ефективну) за формулою, кВт [6, с. 290]:

$$N_e = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (6.20)$$

$$N_e = \frac{113,4 \cdot 12,6}{1020 \cdot 60} = 0,02 \text{ кВт}$$

Розраховані режими різання зведені в таблиці 6.13

Таблиця 6.13 - Режими різання на операції 050

Елементи режимів різання	Значення
--------------------------	----------

Прийнята подача, $S_z$	мм/зуб	0,10
Фактичні оберти шпинделя, $n_d$	об/хв.	1000
Фактична швидкість різання, $V_d$	м/хв.	12,6
Хвилинна подача, $S_m$	мм/хв.	200
Фактична потужність різання, $N_e$	кВт	0,02

## 6.6 Технічне нормування операцій

Норма штучно-калькуляційного часу на операцію дорівнює, хв.:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n}, \quad (6.21)$$

де  $T_{шт}$  – норма штучного часу, хв.;

$T_{п.з.}$  – підготовчо-заключний час, хв.;

$n$  - партія запуску, розрахована раніше:  $n=57$  шт

У свою чергу, штучний час дорівнює, хв.:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{обс} + T_{відп}, \quad (6.22)$$

де  $T_o$  – основний час на операцію, хв.;

$T_v$  – допоміжний час на операцію, хв.;

$T_{обс}$  – час на технічне і організаційне обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{відп}$  – час на відпочинок і природні потреби робітника, хв.

Технічне нормування токарно-гвинторізної операції 015. У розділі 6.5 було визначено режими різання для останнього (шостого) переходу установка Б операції 015. На решту переходів даної операції режими різання визначаємо табличним методом, результати зводимо в табл 6.14 і за результатами визначаємо основний час [8].



$$T_B = T_{уст} + T_{пр} + T_{изм} \quad , \quad (6.23)$$

де  $T_{уст}$  – час на установку, закріплення і зняття заготовки, хв.;

$T_{пр}$  – час, що витрачається на управління верстатом, хв.;

$T_{изм}$  – час на контрольні вимірювання, хв.

Тоді:

$$T_{уст} = 2 \times 0,8 = 1,6 \text{ хв}$$

$$T_{пр} = 2 \times 0,32 + 2 \times 0,03 = 0,7 \text{ хв}$$

$$T_{изм} = 3 \times 0,07 + 5 \times 0,09 + 0,11 = 0,8 \text{ хв}$$

$$T_B = 1,6 + 0,7 + 0,8 = 3,1 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця і відпочинок робітника визначається за формулою, хв.:

$$T_{обс} + T_{отд} = (T_o + T_B) \cdot \frac{\alpha + \beta}{100} \quad , \quad (6.24)$$

де  $\alpha, \beta$  - відповідно, норми часу на обслуговування робочого місця і відпочинок робочого в% від оперативного часу:

$$T_{обс} + T_{отд} = (0,2 + 3,1) \cdot \frac{4 + 4}{100} = 0,26 \text{ хв}$$

Таким часом, штучний час становить:

$$T_{шт} = 0,2 + 3,1 + 0,26 = 3,56 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час на дану операцію одно:

$$T_{п.з.} = 4 + 9 + 2 + 2 + 2,5 + 3,0 + 0,2 = 22,7 \text{ хв}$$

Тоді штучно-калькуляційний час одно:

$$T_{шт-к} = 3,56 + \frac{22,7}{57} = 4,0 \text{ хв}$$

					ТМ – 19090007. 00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Результати розрахунків зводимо в таблицю 6.15

Таблиця 6.15 - Зведена таблиця норми часу на операцію

$T_O, \text{хв.}$	$T_B, \text{хв.}$	$T_{ШТ}, \text{хв.}$	$T_{ПЗ}, \text{хв.}$	$T_{ШТ-К}, \text{хв.}$
0,2	3,1	3,56	22,7	4,0

Технічне нормування фрезерної операції з ЧПК 050. Основний час на шпонково-фрезерну операцію визначається за формулою, хв.:

$$T_O = \frac{L}{S_M} \cdot i, \quad (6.25)$$

де  $S_M$  - хвилинна подача, мм / хв.;

$i$  - кількість проходів;

$L$  - довжина робочого ходу інструмента, визначається за формулою, мм:

$$L = l_O + l_{BP} + l_{ПЕР}, \quad (6.26)$$

де  $l_O$  - довжина оброблюваної поверхні, мм;  $l_O = 20$  мм

$l_{BP}$  - довжина врізання, мм;  $l_{BP} = 0,3$  мм

$l_{ПЕР}$  - довжина перебігу, мм;  $l_{ПЕР} = 0$

$$L = 20 + 0,3 + 0 = 20,3 \text{ м}$$

$$T_O = \frac{20,3}{200} \cdot 9 = 0,9 \text{ хв}$$

Допоміжний час на операцію дорівнює, хв.:

$$T_B = T_{УСТ} + T_{ПР} + T_{ИЗМ}, \quad (6.27)$$

де  $T_{УСТ}$  – час на установку, закріплення і зняття заготовки, хв.;

$T_{ПР}$  – час, що витрачається на управління верстатом, хв.;

$T_{ИЗМ}$  – час на контрольні вимірювання, хв.

$$T_{уст} = 0,07 \text{ хв}$$

$$T_{пр} = 0,6 + 0,04 = 0,64 \text{ хв}$$

$$T_{изм} = 0,07 + 0,14 = 0,21 \text{ хв}$$

$$T_B = 0,07 + 0,64 + 0,21 = 0,92 \text{ хв}$$

Час на обслуговування робочого місця і відпочинок робітника визначається за формулою, хв.:

$$T_{ОБС} + T_{ОТД} = (T_O + T_B) \cdot \frac{\alpha + \beta}{100}, \quad (6.28)$$

де  $\alpha, \beta$  - відповідно, норми часу на обслуговування робочого місця і відпочинок робочого в % от оперативного часу, хв.:

$$T_{ОБС} + T_{ОТД} = (0,9 + 0,92) \cdot \frac{4 + 4}{100} = 0,15 \text{ хв}$$

Таким чином, штучний час становить:

$$T_{шт} = 0,9 + 0,92 + 0,15 = 1,97 \text{ хв}$$

Підготовчо-заклучний час на дану операцію дорівнює:

$$T_{ПЗ} = 7 + 2 + 0,3 + 0,2 + 0,2 + 1,1 + 0,3 + 4,5 = 15,6 \text{ хв}$$

Тоді штучно-калькуляційний час дорівнює:

$$T_{шт-к} = 1,97 + \frac{15,6}{57} = 2,2 \text{ хв}$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 6.16

Таблиця 6.16 - Зведена таблиця норми часу на операцію 050

$T_O, \text{хв.}$	$T_B, \text{хв.}$	$T_{шт}, \text{хв.}$	$T_{ПЗ}, \text{хв.}$	$T_{шт-к}, \text{хв.}$
0,9	0,92	1,97	15,6	2,2

## 7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ УСТАНОВЛЕННЯ І ЗАКРІПЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

Спроектуємо верстатний пристрій для фрезерування паза шириною  $4Н11^{(+0,075)}$ , глибиною  $2,7^{+0,4}$  і довжиною  $24^{+0,25}$  мм

В даний час заготовка обробляється в пристрої з немеханізованим приводом. Робочий на даній операції має третій розряд. Застосування спеціального пристрою з механізованим приводом дозволить знизити розряд верстатника на даній операції, знизити трудомісткість обробки, підвищити стабільність точності параметрів операції.

Точність розмірів

На даній операції формуються наступні лінійні розміри:

а) Ширина паза  $4Н11^{(+0,075)}$ . Величина допуску становить 75 мкм. Згідно ГОСТ 25346-82 для квалітету IT11 дане значення збігається з табличним [ 14 , с. 45 ].

б) Крім того, на даній операції витримується також лінійний розмір глибини паза величиною  $2,7^{+0,4}$  мм. Величина допуску при цьому дорівнює 400 мкм. По ГОСТ 25346-82 це відповідає IT15, при цьому дане значення відповідає стандартному [ 14 , с. 46].

в) Витримується також лінійний розмір довжини паза  $24^{+0,25}$  мм. Величина допуску для нього дорівнює  $T=250$  мкм. Згідно ГОСТ 25346-82 для номінального розміру 24 мм и для квалітету Н12 стандартне значення допуску – 210 мкм, тобто задане значення допуску  $T = 250$  мкм не є стандартним [ 14 , с. 46].

Точність форми

Аналізується поверхня стінки паза. Спотворення форми даної поверхні характеризується відхиленням від площинності. Величина допуску форми не обумовлена на кресленні, значить вона може перебувати в межах допуску на розмір довжини паза:

$$T_{\text{пл.}} = 0,6 \cdot T_{\text{розм.}} = 0,6 \cdot 250 = 150 \text{ мкм}$$

					ТМ – 19090007. 00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

Згідно ГОСТ 24643-81 маємо найближче значення допуску площинності  $T_{пл.} = 160$  мкм, що відповідає 14 ступеню точності.

Точність розташування

Розглядаємо допуск симетричності стінок паза.

Оскільки величина допуску не задана, то приймаємо його в межах допуску на розмір довжини паза:

$$T_{сим.} = 0,6 \cdot T_{розм.} = 0,6 \cdot 250 = 150 \text{ мкм}$$

Згідно ГОСТ 24643-81 маємо найближче значення допуску симетричності  $T_{сим.} = 160$  мкм, що відповідає 11 ступеню точності.

Ступінь шорсткості

Згідно з кресленням деталі шорсткість стінок і дна паза складає  $Ra=6,3$  мкм.

З'ясування кількісних і якісних даних про заготовку, що надходить на операцію. Уточнення параметрів поверхонь, які можуть бути базовими

На дану операцію заготовка надходить попередньо обробленої по зовнішніх поверхнях. Маса заготовки - 0,22 кг. Матеріал - Сталь 40Х ГОСТ 4543-71. Заготовка являє собою тіло обертання, досить жорстка, оброблюваність її задовільна. Є досить розвинені поверхні, які можуть бути прийняті за базові, до яких можна віднести дві зовнішні циліндричні поверхні  $\varnothing 12,3$  і  $\varnothing 14,3$ , а також торець  $\varnothing 37$ . Уточнимо точності параметри, які можуть бути базовими.

Точність розмірів

Діаметр однієї з зовнішніх циліндричних поверхонь дорівнює  $\varnothing 12,3$  мм. По ГОСТ 25346-82 даному розміру для якості ІТ8 відповідає допуск  $T = 27$  мкм [ 14 , с.46].

Діаметр іншої зовнішній циліндричній поверхні дорівнює  $\varnothing 14,3$  мм. По ГОСТ 25346-82 даному розміру для якості ІТ8 також відповідає допуск  $T = 27$  мкм [ 14 , с.46].

					ТМ – 19090007. 00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55



Діаметр торця  $\varnothing 37$  виконаний по ІТ9, при цьому величина допуску становить 54 мкм.

Точність форми

Проведемо аналіз точності форми базових поверхонь.

Спотворення форми зовнішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 12,3$  характеризується відхиленням від циліндричної. Величина допуску формине обумовлена на кресленні, значить вона може знаходитись в межах допуску на розмір  $T = 27$  мкм:

$$T_{\text{цил.}} = 0,3 \cdot T_{\text{розм.}} = 0,3 \cdot 27 = 8,1 \text{ мкм}$$

Згідно ГОСТ 24643-81 маємо найближче значення допуску циліндричності  $T_{\text{цил.}} = 10$  мкм, що відповідає 7 ступеню точності.

Спотворення форми зовнішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 14,3$  також характеризується відхиленням від циліндричності. Величина допуску форми не обумовлена на кресленні, значить вона може знаходитись в межах допуску на розмір  $T = 27$  мкм:

$$T_{\text{цил.}} = 0,3 \cdot T_{\text{розм.}} = 0,3 \cdot 27 = 8,1 \text{ мкм}$$

Згідно ГОСТ 24643-81 маємо таке ж найближче значення допуску циліндричності  $T_{\text{цил.}} = 10$  мкм, що відповідає 7 ступеню точності.

Точність розташування

В якості можливого відхилення розташування розглянемо радіальне биття зовнішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 12,3$ . Величина допуску биття не обумовлена на кресленні, значить його значення може перебувати в межах допуску на розмір 12,3, тобто в межах  $T = 27$  мкм.

Згідно ГОСТ 24643-81 маємо найближче значення допуску радіального биття  $T_{\text{биття}} = 30$  мкм, що відповідає 10 ступеню точності.

Для  $\varnothing 14,3$  мм маємо аналогічні значення:  $T = 30$  мкм.

Ступінь шорсткості

					ТМ – 19090007. 00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Шорсткість поверхонь  $\varnothing 12,3$  и  $\varnothing 14,3$  торця  $\varnothing 37$  згідно ГОСТ 2789-73 виражена параметром  $Ra = 1,6$  мкм.

В принципі це відповідає вимогам точності, що пред'являються до базових поверхонь.

В даному пристрої планується обробляти заготовки з базовими поверхнями тільки таких розмірів і з зазначеними параметрами точності, тобто адаптивні властивості установчих елементів пристрою повинні знаходитися в межах зміни зазначених розмірів.

Визначення умов, в яких буде виготовлятися і експлуатуватися пристрій

Річна програма випуску визначена в 1200 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості передбачає дрібносерійний тип виробництва. З огляду на це планується не дуже висока інтенсивність використання пристрою. При заданому періоді виробництва 5 років, або 60 місяців, пристрій повинен здійснити 6000 циклів.

Вибір головної базової поверхні

В якості головної базової поверхні виступають дві зовнішні циліндричні поверхні діаметрами 12,3 мм і 14,3 мм. Обидві ці поверхні, будучи встановленими на призми, виступають в ролі подвійний направляючої бази, яка позбавляє заготовку чотирьох ступенів свободи (двох переміщень і двох обертань). Вони досить точно оброблені (IT 8), шорсткість поверхонь  $Ra = 1,6$  мкм.

Застосування цих поверхонь в якості базових не перешкоджає доступу інструментів до оброблюваних поверхонь.

Вибір опорної базової поверхні

В якості опорної бази виступає торець  $\varnothing 37$  мм. Він позбавляє заготовку одного ступеня свободи - одного переміщення уздовж осі деталі.

Застосування даної поверхні в якості базової також не перешкоджає доступу ріжучих інструментів до оброблюваних поверхонь.

					ТМ – 19090007. 00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Як альтернативні варіанти в якості опорної базової поверхні може виступати будь-який інший торець деталі, проте це веде до збільшення похибки базування в осьовому напрямку. Для прикладу визначимо похибки базування для пропонуваного першого варіанту (рисунок 7.1, а) і для варіанту з іншим торцем (рисунок 7.1, б)

Похибка базування по довжині паза  $L=24$  для вимірювальної бази  $55$  мм при першому розглянутому варіанті (рисунок 7.1, а) дорівнює нулю (вимірювальний розмір  $55$  виходить від технологічної бази):

$$\varepsilon_{a55} = 0$$

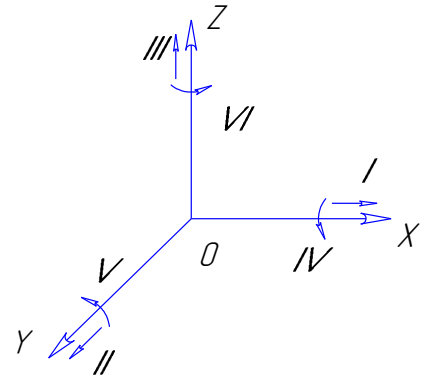
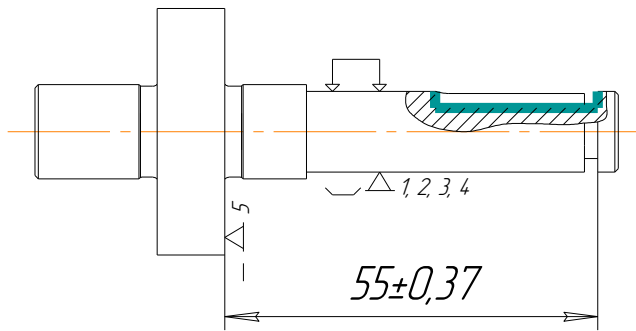
У другому варіанті (рисунок 7.1, б) похибка базування буде значною:

$$\varepsilon_{b55} = Td_{18} + Td_{10} = 430 + 9 = 439 \text{ мкм}$$

Тому перший варіант базування є краще.

					ТМ – 19090007. 00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

### Варіант 1



### Варіант 2

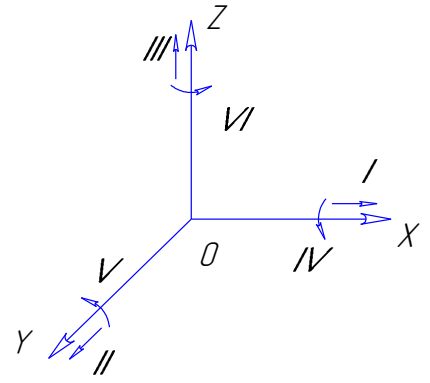
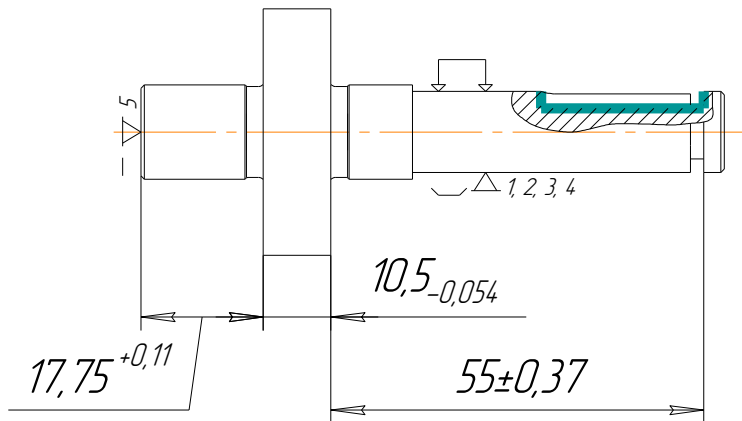


Рисунок 7.1 - Можливі варіанти базування

Точностні параметри базових поверхонь, визначені раніше, можна порівняти з точностними параметрами оброблюваних, що забезпечує виконання точностних вимог, що пред'являються до обробки. Аналіз структури зв'язків, що виникають при базуванні, можна здійснити, побудувавши таблицю односторонніх зв'язків(див. таблицю7.1).

Таблиця7.1 - Односторонні зв'язки

Індекс зв'язку	x	x'	y	y'	z	z'	$\omega_x$	$\omega_x'$	$\omega_y$	$\omega_y'$	$\omega_z$	$\omega_z'$
Реакція	R		R	R		R			R	R	R	R

Спосіб реалізації	Сила закріплення												
	Сила тертя												

З таблиці 7.1 видно, що на заготовку накладено 8 односторонніх зв'язків. Тільки дві з них повні, інші - неповні, що обумовлено наявністю зазору між посадочною поверхнею призми і заготовкою.

Щоб заготовка була врівноваженою під час обробки, необхідно позбавити заготовку можливості переміщатися по координатам  $x'$ ,  $z$ ,  $\omega_x$ ,  $\omega_x'$ .

Функціональна структура пристрою

Функціональна структура пристрою, що проектується, представлена на рисунку 7.2.

Розробка і обґрунтування схеми закріплення

Для визначення взаємного впливу поля збурюючих сил (ПЗС) і поля урівноважуючи сил (ПУС), побудуємо графічну модель сил, що збурюють у взаємозв'язку з прийнятою схемою базування.

На рисунку 7.2 видно, що складові поля збурюючих сил не врівноважені і вимагають програми додаткових сил закріплення.

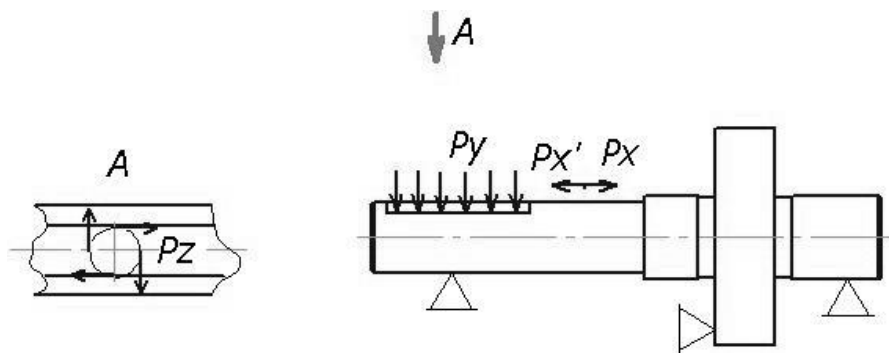


Рисунок 7.2 - Структура поля збурюючих сил (ПЗС)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

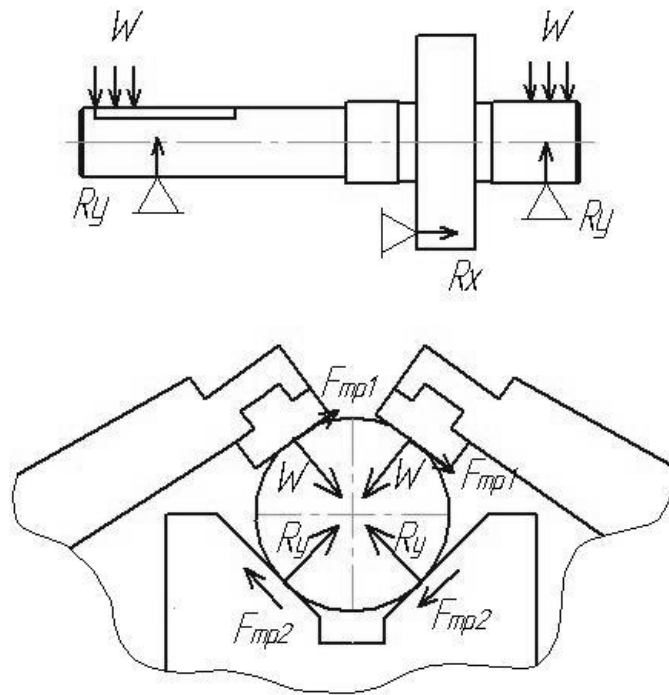


Рисунок 7.3 - Структура поля урівноважуючих сил (ПУС), що створюються затискним механізмом.

З рисунків 7.2 і 7.3 видно, що складова  $P_x'$  ПЗС врівноважується реакцією  $R_x$  ( $R_x = P_x'$ ) (див. таблицю 7.1). Решта складових ПЗС не врівноважені і вимагають прикладення додаткових сил закріплення. При такій схемі базування доцільно застосувати важільне закріплення в призмах, яке створює ПУС, представлене на рисунку 7.4.

Недоліком вказаного способу врівноваження є високий рівень енергетичних витрат на закріплення. Силкові потоки, що виникають при обробці, створюють напруження скручування і вигину. В таких умовах не виникає особливих вимог до структурної однорідності силових полів. При цьому можливо огрубити структуру ПУС до локально-дискретної. Це спрощує конструкцію затискного пристрою, оскільки врівноважуюче поле такої структури може бути створено закріпленням в двох призмах важільним пристроєм типу прихвату. Оскільки напрямок дії сили закріплення - паралельно стінок пазу, що оброблюється - не збігається з напрямком допуску

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

симетричності стінок паза (в площині, перпендикулярній стінок паза), то похибка закріплення заготовки в даному напрямку дорівнює нулю:  $\varepsilon_3 = 0$ .

Для аналізу структури і якості зв'язків, що виникають при закріпленні заготовки, побудуємо таблицю односторонніх зв'язків (таблиця 7.2).

Таблиця 7.2 - Односторонні зв'язки

Індекс зв'язку	x	x'	y	y'	z	z'	$\omega_x$	$\omega_x'$	$\omega_y$	$\omega_y'$	$\omega_z$	$\omega_z'$	
Спосіб реалізації	Реакція	R		R	R		R			R	R	R	R
	Сила закріплення			W	W	W				W	W	W	W
	Сила тертя		F(w)					F(w)	F(w)				

Прикладання сили закріплення виключає зазор і перетворює зв'язки  $x$ ,  $y$ ,  $y'$ ,  $z'$ ,  $\omega_y$ ,  $\omega_y'$ ,  $\omega_z$ ,  $\omega_z'$  з неповних у повні, а також створює чотири невивантаючі до комплекту зв'язків  $z$ ,  $\omega_x$  і  $\omega_x'$ .

Величина зусилля закріплення  $W$  розраховується з умови непровороту від сили  $P_z$  і умова не зрушення заготовки під дією складової сили різання  $P_x$ .

Зазначену величину сили закріплення визначаємо з попередніх розрахунків

$$W_{\text{розр}} = 356 \text{ Н (див. додаток).}$$

Розрахунок пневматичного поршневого приводу

Параметри пневматичного поршневого приводу визначаємо за допомогою програми для ЕОМ "PRIVOD" (див. додаток).

Маємо: діаметр поршня - 40 мм,  
діаметр штока - 12 мм.

Фактична величина зусилля на штоку (величина сили закріплення) дорівнює  $Q = W = 411 \text{ Н}$ .

Точності розрахунки пристрою

З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристрою полягають у перетворенні інформації про точність обробки поверхонь деталі на даній операції в точності вимоги до пристрою.

Визначимо розрахункові параметри, тобто ті параметри, які найбільшою мірою впливають на досягнення заданих допусків оброблюваної деталі. В даному випадку до розрахункового параметру слід віднести непаралельність осі призми і площини підстави пристосування. Цей параметр є однорідним з допуском відхилення від симетричності, заданим на кресленні.

Допустима похибка виготовлення зазначених елементів пристрою по параметру непаралельності дорівнює, мкм:

$$\varepsilon_{\partial} = T - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{II}^2 + \varepsilon_{II}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{\text{ПОЗ}}^2} \quad (7.1)$$

де  $T=160$  мкм - допуск симетричності стінок пазу;

$K_T=1,2$  – коефіцієнт, що враховує можливе відхилення від нормального розподілу окремих складових;

$K_{T1}=0,8$  – коефіцієнт, що приймається до уваги, коли похибка базування не дорівнює нулю (в даному випадку  $\varepsilon_{\delta}=0$ );

$\varepsilon_3=0$  – похибка закріплення заготовки;

$\varepsilon_y=30$  мкм – похибка установки пристрою на верстаті;

$\varepsilon_{II}=0$  – похибка перекосу інструменту;

$\varepsilon_{II}=25$  мкм – похибка, що виникає внаслідок зносу установчих елементів;

$\omega=43$  мкм – середня економічна точність обробки [14, с.151, табл.7.1];

$K_{T2}=0,6$  – коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки;

$\varepsilon_{\text{ПОЗ}}=10$  мкм – похибка позиціонування



$$\varepsilon_{\delta} = 160 - 1,2 \cdot \sqrt{0^2 + 0^2 + 30^2 + 0^2 + 25^2 + (0,6 \cdot 43)^2 + 10^2} = 102 \text{ мкм}$$

З урахуванням стандартного ряду допусків приймаємо  $\varepsilon_{\text{пр}} = 50$  мкм.

Отриманий допуск поділяємо за елементами пристрою таким чином: непаралельність осі робочих поверхонь призм і установчої поверхні основи пристосування - не більше 0,05 мм.

Опис і принцип дії пристрою

Розроблений пристрій працює наступним чином. Оброблювану заготовку встановлюють на установчі поверхні призм 5, які в свою чергу кріпляться до основи 13. Закріплення заготовки здійснюється при подачі стисненого повітря  $P = 0,4$  МПа в штокову порожнину пневмоциліндра, при цьому поршень разом зі штоком переміщається вниз і через важіль 4 здійснюється затиск заготовки. Розкріплення заготовки проводиться при подачі стисненого повітря в безштокову порожнину пневмоциліндра, при цьому шток разом з поршнем піднімається вгору, штовхач 7 повертає важелі 4 в сторони, які відходять від заготовки.

Пристрій в зборі встановлюється на столі верстата і орієнтується уздовж Т-образного паза столу за допомогою напрямних шпонок 18. Закріплення пристрою на столі верстата проводиться через вушка з шириною паза 12 мм.

					ТМ – 19090007. 00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

## ВИСНОВКИ:

У цій роботі був розроблений технологічний процес виготовлення деталі вал-шестерня 2812.013.01.003 для дрібносерійного типу виробництва. За основу взято технологічний процес базового підприємства (ВАТ "КЕМЗ"), але в нього були внесені зміни, так як розроблений він був для одиничного типу виробництва.

Був змінений спосіб отримання заготовки. Заводську заготовку зі сталі 40Х ГОСТ 4543-71 отримують вільним куванням. Коефіцієнт використання матеріалу  $K_{\text{вм}} = 0,45$ . Це показує, що для дрібносерійного типу виробництва цей спосіб не економічний, тому було запропоновано отримувати заготовку на КГШП. Це дозволило зменшити припуски на першу механічну обробку і трудомісткість отримання. Коефіцієнт використання матеріалу  $K_{\text{вм}} = 0,74$ . При порівнянні двох варіантів виходить, що собівартість поковки штампованої зменшується на 10-30% за рахунок зменшення витрат матеріалу і експлуатаційних витрат.

Змінили технологічний процес обробки деталі вал-шестерня 2812.013.01.003 заміною універсального обладнання на верстати з ЧПК.

Спроектовано верстатний пристрій для установлення, закріплення деталі для обробки шпонкового пазу валу-шестерні на фрезерній операції з ЧПК 050.

Всі нововведення, які були внесені в базовий технологічний процес виготовлення деталі вал-шестерня 2812.013.01.003 спрямовані на підвищення продуктивності праці та зниження собівартості деталі.

					ТМ – 19090007. 00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖКЕРЕЛ:

1. Паспорт на изд. "Бур электрогидравлический ЭБГП-1М"
2. Худобин Л.В. и др. Курсовое проектирование по ТМС. - М.: Машиностроение, 1989. - 288с.
3. Маталин А. А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты" - Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1985.- 496 с.
4. ГОСТ 7505-89 "Поковки стальные штампованные"
5. Обработка материалов резанием: Справочник технолога / А.А.Панов, В.В.Аникин, Н.Г.Бойм и др.; Под общ. Ред. А.А.Панова. - М.: Машиностроение, 1988. - 736 с.
6. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х т. Т.2/ Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 496 с., ил.
7. Нефедов Н.А., Осипов К.А., "Сборник задач и примеров по резанию металлов". М.: Машиностроение, 1990. - 442 с., ил.
8. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ, часть 1, Нормативы времени, М.: Экономика 1990
9. Технологичность конструкций изделий: Справочник / Т.К.Алферова, Ю.Д.Амирова. - М.: Машиностроение, 1985. - 368 с., ил. - (Б-ка конструктора).
10. Жабо В.В., Уваров В.В. Гидравлика и насосы: Учебник для техникумов. - 2-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 328с.
11. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учеб.пособие для машиностроит. спец. вузов] / Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. - 4-е изд., перераб. и доп. - Мн.: Выш. школа, 1983. - 256 с., ил.

					ТМ – 19090007. 00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

12. Методичні вказівки до курсового проекту зі спеціальності для студентів, що навчаються за освітньо-кваліфікаційним рівнем “Бакалавр” за напрямком 0902 “Інженерна механіка” усіх форм навчання / Укладачі: В.Г. Євтухов, О.У. Захаркін. – Суми: Вид-во СумДУ, 2006. - 26 с.

13. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х т. Т.1/ Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 656 с., ил.

14. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора: Справочник. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983.-464 с.

					ТМ – 19090007. 00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67