

**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 1288-02-0023*

Виконав: студент *IV* курсу, групи *ТМ-61К*

напряму підготовки (спеціальності)

*131 – Прикладна механіка*

*(Технології машинобудування)*

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

*Штранін Є.В.*

(прізвище та ініціали)

Керівник: *Динник О.Д.*

(прізвище та ініціали)

Рецензент: \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.О.Залога

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ**

**ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛА-ШЕСТЕРНІ 1288-02-0023**

Бакалаврська кваліфікаційна робота

Напрямок підготовки 131 – Прикладна механіка

(Технології машинобудування)

Студент

Штранін Є.В.

Керівник

Динник О.Д.

Нормоконтроль

Динник О.Д.

2020

**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)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри технології  
машинобудування, верстатів  
та інструментів

\_\_\_\_\_ В.О.Залога  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020р.

**ЗАВДАННЯ**

**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА**

***Штранін Євгеній Вікторович***

	(прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема проекту (роботи)	<i>Проектування технологічного процесу виготовлення вала-шестерні 1288-02-0023</i>
керівник проекту	<i>ст.викладач каф. ФЗНД к.т.н Динник О.Д.</i>
	(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від «_15_» _січня_2020_ року №07-III	
2. Строк подання студентом проекту (роботи)	«_11_» __червня__ 2020 року
3. Вихідні дані до проекту(роботи)	<i>Креслення деталі «вал-шестерня 1288-02-0023»</i>
	<i>Річний обсяг випуску деталей – 1000 шт.</i>
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)	
4.1	<i>Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі</i>
4.2	<i>Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі</i>
4.3	<i>Визначення типу виробництва та форми його організації</i>
4.4	<i>Аналіз технологічності конструкції деталі</i>
4.5	<i>Вибір способу отримання заготовки, розробка технічних вимог на заготовку</i>
4.6	<i>Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі</i>
4.7	<i>Проектування верстатного пристрою</i>

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>		
2	<i>Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі</i>		
3	<i>Визначення типу виробництва та форми його організації</i>		
4	<i>Аналіз технологічності конструкції деталі</i>		
5	<i>Вибір способу отримання заготовки, розробка технічних вимог на заготовку</i>		
6	<i>Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі</i>		
7	<i>Проектування верстатного пристрою</i>		
8	<i>Оформлення графічної частини роботи</i>		

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Штранін Є.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Динник О.Д.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Записка: 63 с., 15 табл., 11 рис., 38 формул, 14 літературних джерел

Об'єкт розробки: деталь Вал вторинний 1554.01.105.001

Мета роботи: Проектування технологічного процесу виготовлення деталі вал-шестерня 1288-02-0023

В кваліфікаційній роботі було виконано аналіз службового призначення виробу – коробка передач автомобіля, деталі – вал вторинний 1554.01.105.001. Було визначено та охарактеризовано тип виробництва – середньосерійний, за допомогою коефіцієнта закріплення операцій, а також визначена величина партії деталей та охарактеризовано основні умови організації праці. Проаналізовано технічні вимоги при виготовленні деталі. Вибрано спосіб отримання заготовки – штамповка на кривошипному гаряче штампувальному пресі.

Проаналізовано технологічні операції: 025 Токарна з ЧПК та 045 Фрезерна з ЧПК, при цьому проведене обґрунтування вибору схеми базування і закріплення заготовки, обладнання та технологічного оснащення, розраховані режим різання і виконано нормування часу.

Для графічної частини роботи було виконано креслення: заготовки, маршрутного технологічного процесу вала-шестерні, пристосування та операційне налагодження для операції 045 Фрезерної з ЧПК.

ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ, ТИП ВИРОБНИЦТВА, ЗАГОТОВКА, ПРИПУСК, РІЗЕЦЬ, ФРЕЗА, НОРМИ ЧАСУ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ПРИСТОСУВАННЯ

## 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 .....	10
3 Визначення типу та форми організації виробництва .....	14
4 Аналіз технологічності конструкції деталі .....	19
5 Вибір способу отримання заготовки та розроблення технічних вимог до неї ....	21
6 Аналіз існуючого чи типового технологічного процесу виготовлення деталі .....	26
6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку .....	27
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки .....	36
6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів .....	38
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів .....	40
6.5 Розрахунки режимів різання.....	42
6.6 Технічне нормування операцій.....	52
7 Проектування верстатного пристрою для установа і закріплення заготовки.....	55
Висновок.....	61
Список використаних джерел .....	62
Додатки	
Додаток А	
Додаток Б	
Додаток В	
Додаток Г	

					ТМ 17090069-00 ПЗ					
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування технологічного процесу виготовлення деталі вал –шестерня 1288-02-0023	Літ.	Арк.	Аркушів		
Розробив		ШТранін Є.В.						5	63	
Перевірив		Динник О.Д.								
Реценз.										
Н. Контр.		Динник О.Д.								
Затв.		Залога В.О							КІСумДУ, ТМ-61к	

## ВСТУП

Провідне місце в подальшому рості економіки країни належить галузям машинобудування, які забезпечують матеріальну основу технічного прогресу всіх галузей народного господарства. У теперішній час машинобудування має потужну виробничу базу, що випускає більш чверті всієї промислової продукції країни.

Випереджальний розвиток машинобудування і металообробки в умовах зростаючого дефіциту трудових і енергетичних ресурсів і метала передбачено з одночасним збільшенням випуску продукції машинобудування не менше ніж в 1.4 рази при прогресивних тенденціях як по збільшенню номенклатури деталей, так і оновленню її структури.

Процес виготовлення машин або механізмів складається з комплексу робіт необхідних для виробництва заготовок, їх обробки, збірки з готових деталей складових частин (складальних одиниць) і, нарешті, збірки з складальних одиниць (і окремих деталей) готових машин.

Для становлення нашої держави необхідно постійно збільшувати випуск продукції машинобудування і металообробки, істотно підняти виробництво машин і устаткування, особливо автоматичних маніпуляторів з системами програмного управління, що дозволяють виключити вживання ручної праці, збільшити випуск високопродуктивних верстатів, прогресивних металорізальних інструментів і оснащення. Вживання прогресивних високопродуктивних методів обробки, що забезпечують високу точність і якість поверхонь деталей машини, методів зміцнення робочих поверхонь, що підвищують ресурс роботи деталі і машини в цілому, ефективне використання автоматичних і потокових ліній, верстатів з ЧПУ – все це направлено на вирішення головних завдань: підвищення ефективності виробництва і якості продукції.

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

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

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є проектування технологічного процесу деталі «Вал – шестерня» 1288-02-0023, яка входить до складу привода засувки ПЗ – 1М.

Привід засувки ПЗ-1М призначений для відкриття і закриття засувки нагнічування трубопроводів водовідливу установок вугільних шахт, які обладнані апаратурою автоматизації водовідливу ВАВ.1.М. ПЗ-1М призначений для використання у шахтах, де нормативними документами з правил безпеки у вугільних і сланцевих шахтах дозволено використання електроприладів (рисунок 1.1).

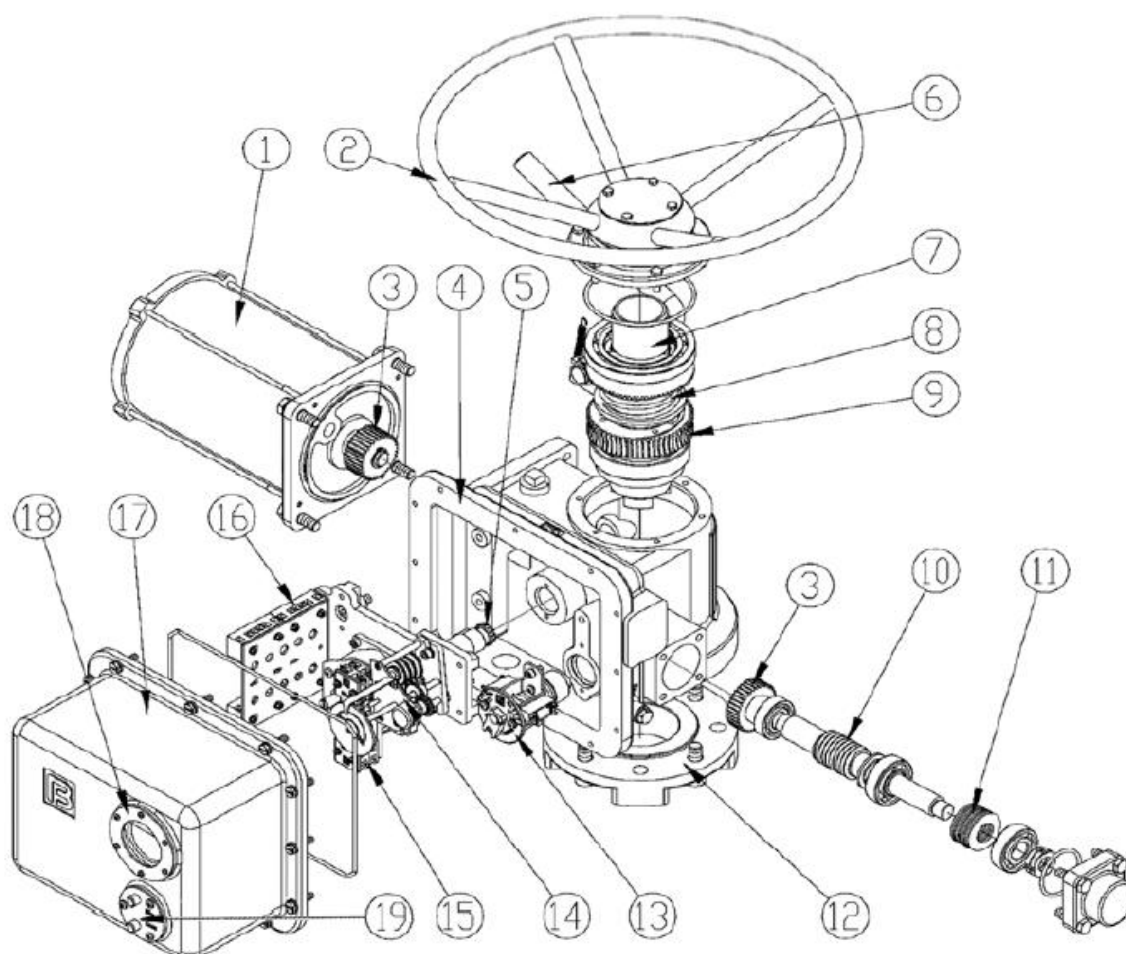


Рисунок 1.1 – Ескіз привода засувки ПЗ -1М

						ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			7



Конструкція приводу забезпечує:

– вимикання двигуну (розрив ланцюгу керування) при перенавантаженні двигуна привода(навантаженні надмірного встановленого обертаючого моменту) у діапазоні від 400 до 1100 Нм;

– вимикання двигуна (розрив ланцюгу керування) при переході на ручне керування засувкою за допомогою маховика приводу;

– вимикання двигуна (розрив ланцюгу керування) в крайніх встановлених положеннях засувки;

– регулювання вимикання двигуна в крайніх положеннях засувки в діапазоні від 5 до 40 обертів.

Основні технічні характеристики ПЗ-1М:

Номинальний обертаючий момент на вихідному валі, 1100(110) Н·м(кгс·м)

Частота обертання вихідного валу об/хв, не більше 25

Номинальна напруга, В

електродвигуна 380/660

Частота, Гц 50

Номинальна потужність, кВт 2,5

Габаритні розміри, мм, не більше:

довжина 595

ширина 410

висота 540

Маса, кг, не більше 125

Привід засувки ПЗ -1М складається таких основних вузлів (рисунок 1.1):

1. Електродвигун
2. Вал маховика ручного дублера
3. Прямозуба циліндрична шестерня
4. Основний корпус
5. Перехідний вал обмежувача ходу
6. Важіль перемикачів режимів

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

7. Вихідний вал-шестерня
8. Пружина напівавтоматичної муфти
9. Черв'ячне колесо
10. Черв'ячний вал
11. Набір тарілчастих пружин муфти
12. Монтажний фланець
13. Двостороння муфта обмеження моменту обертання
14. Обмежувач ходу вихідного валу
15. Індикатор положення затвора арматури
16. Клемні колодки контактних з'єднань
17. Передня кришка корпусу
18. Віконце індикатора положення затвора арматури
19. Кнопки місцевого управління.

Вал-шестерня входить до складу редуктора, призначеного для передачі моменту обертання і зміни його величини від електродвигуна на привід засувки. Вал – шестерня 1288-02-0023 призначена для ручного керування приводом засувки, яке відбувається за допомогою маховика. Під час роботи матеріал валу - шестерні отримує складні деформації – кручення, згин, розтяг та стискання. Тому, щоб забезпечити нормальну роботу деталей, які передають рух на вал - шестерні, і складальної одиниці в цілому, вали - шестерні повинні бути жорсткі.

Вал - шестерня 1288-02-0023 має такі конструктивні елементи:

- 1) зовнішні циліндричні поверхні  $\varnothing 25k6$ ;  $\varnothing 40_{-0,62}-2$ ;  $\varnothing 30k6-2$ ;  $\varnothing 28h12$ ;  $\varnothing 28c11$ ;  $\varnothing 24_{-0,52}$ ;
- 2) канавки  $\varnothing 24,5h12$   $\varnothing 29,5_{-0,52}-2$ ;  $\varnothing 27,5h12$ ;  $\varnothing 26,5_{-0,21}$ ;  $\varnothing 24_{-0,52}$ ;  $\varnothing 20,6_{-0,24}$ ;
- 3) фаски  $0,5 \times 45^\circ$ ;  $5 \times 45^\circ$ ;  $1,6 \times 45^\circ$ ;  $2 \times 1 \times 45^\circ$
- 4) шпонковий паз 8, 8;
- 5) зубчаста поверхня  $\varnothing 63h12$ ;
- 6) торець 1-2 –  $209_{-1,15}$ ; 3-4 –  $37_{-0,62}$ ; 5 – 94мм; 6 –  $24_{-0,21}$ .

Згідно з технічними вимогами інші розміри та поверхні повинні бути виконані не гірше 14-го квалітету.

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Робоче креслення дає повне уявлення про деталь (конфігурацію, розміри всіх поверхонь, матеріал і його властивості, технічні вимоги, шорсткість) і відповідає стандартам ЄСКД по оформленню креслень:

На кресленні є вимоги, що пред'являються до твердості матеріалу (Сталь 40Х ГОСТ 4543-71), але для повнішого аналізу вибору матеріалу потрібно керуватися не тільки твердістю представленою на кресленні (Ш гр-НВ 156-187 ГОСТ 8479-70), але і механічними властивостями, хімічним складом даного матеріалу таблиці. 2.1 [1, з. 62].

Матеріал деталі Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 має наступний хімічний склад та механічну характеристику ГОСТ 4543-71 [1].

Таблиця 2.1- Хімічний склад сталі 40Х ГОСТ 4543-71,%

Сталь	C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr
40Х	0.36-0.44	0.17-0.37	0.50-0.88	не більше 0.035		0.30	0.80-1.10

Таблиця 2.2 - Механічні властивості сталі 40Х ГОСТ 4543-71

Марка сталі	температура		$\delta_1$	$\sigma_B$	$\sigma_p$	$\Psi$	$Q_n$ , Кг/см <sup>2</sup>	НВ відпускання не більше
	Гарт в маслі	Відпускання у воді	МПа		%			
			Не менше					
40Х	860	500	800	1000	10	43	6	217

Призначення деталі – передавання крутного моменту та руху обертання. Проаналізуємо поверхні деталі «Вал - шестерня» 1288-02-0023 (рисунок 1.2).

На основі аналізу можемо поділити поверхні валу-шестерні на чотири групи [9]:

– виконавчі - поверхні, за допомогою яких деталь виконує своє службове призначення. У заданій деталі виконавчою є поверхня 11.

									Арк.
									10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 17090069-00 ПЗ				

– основні конструкторські бази (ОКБ) - поверхні, за допомогою яких визначається положення деталі у виробі. ОКБ - поверхні 3, 16, 15, 22.

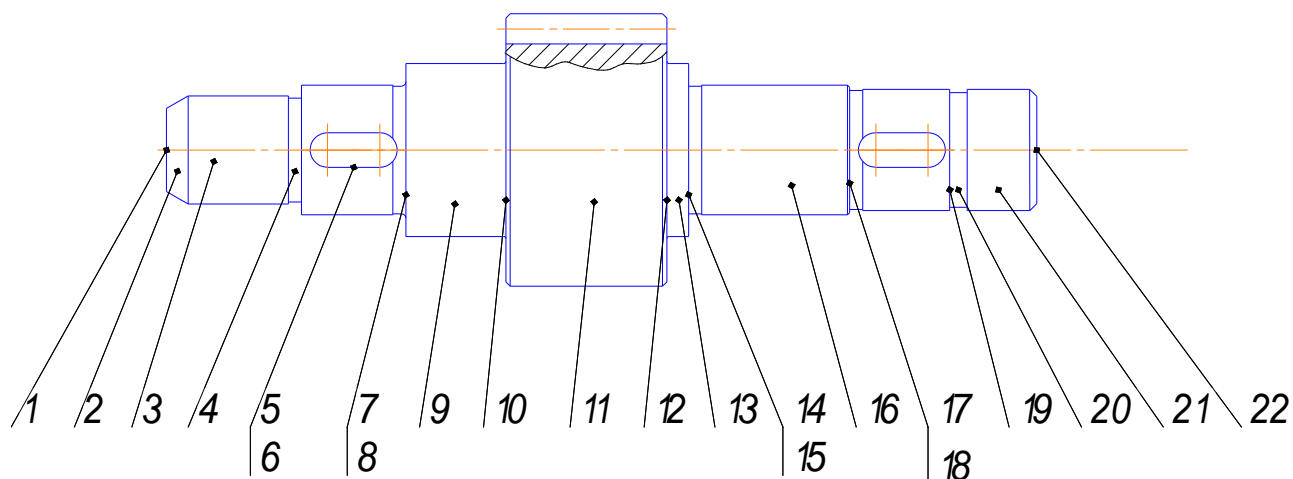


Рисунок 2.1 – Класифікація поверхонь валу-шестерні

– допоміжні конструкторські бази (ДКБ) - поверхні, за допомогою яких визначається положення деталей, що приєднуються, (вузлів, складальних одиниць) щодо даної деталі. ДКБ – поверхні 3, 5, 6, 19, 20, 25, 27.

– вільні - поверхні, що не стикаються з поверхнями інших деталей виробу, але визначальні габарити, масу, твердість і інші параметри деталей. Поверхні 1, 2, 4, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 17, 18, 20 – вільні поверхні.

Поверхня 1, 14, 20 – вільні торці, які є формоутворювальними поверхнями деталі. В процесі роботи не контактують з поверхнями інших деталей, тому до них не ставлять високих вимог щодо точності та якості. Конструктором рекомендовано виконувати їх з шорсткістю  $R_a = 12,5$  мкм та з квалітетом точності IT14.

Поверхня 2 – конічна. За призначенням це вільна поверхня, яка не виконує службового призначення; вимоги до точності і якості поверхні конструктором не висуваються. Тому рекомендовано цю поверхню обробляти по IT 14 з шорсткістю  $R_a = 6,3$  мкм.

Поверхня 4, 7, 15, 18 – канавки, які є вільними поверхнями і виконуються для виходу шліфувального кругу. Їх виконують по IT 12 і  $R_a = 6,3$  мкм.

																						Арк.	
																							11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата																			

Поверхні 9, 10, 12, 13, 15, 17, 18, 20 – вільні поверхні, тому до них не ставлять дуже високих вимог щодо точності та шорсткості: IT 12, Ra = 6,3 мкм.

Поверхні 3, 16 – зовнішні циліндричні, призначені для посадки підшипників, отже ці поверхні визначають положення деталі у вузлі. Вони є ОКБ, зниження точності і шорсткості якої значно вплине на якість вала – шестерні в цілому. Ці поверхні – одна з найбільш відповідальних, від точності її обробки залежать можливі додаткові вібрації у виробі і знос валу - шестерні. В даному випадку можна застосовувати шорсткість Ra = 1,25 мкм, а не Ra = 0,8 мкм [1, с.12]. Отже, вона повинна бути виконана по квалітету точності IT 6 і шорсткості Ra = 0,8 мкм.

Поверхні 5, 19 – шпонкові пази, які виконуються для регулювання зазору у з'єднанні зубчатого колеса з валом та шлицевої втулки. Отже, ці поверхні є допоміжними конструкторськими базами. У прагненні до зменшення собівартості деталі збільшувати шорсткість вище, ніж Ra = 6,3 мкм немає сенсу.

Поверхня 6 – зовнішня циліндрична. Використовується для посадки сполученого зубчатого колеса, є допоміжною конструкторською базою. Отже її можна виконати по найбільш точному класу точності і шорсткості: IT 6, Ra = 3,2 мкм.

Поверхня 11 – зубчата поверхня. Від того як оброблена зубчата поверхня залежить точність і якість роботи всієї машини в цілому. Отже її необхідно виконати по найбільш точному класу точності і шорсткості: IT 11, Ra = 3,2 мкм.

Поверхня 21 – циліндрична. На неї устанолюється маховичок, призначений для керування приводом вручну.

Проаналізуємо схему базування валу-шестерні при встановленні її у вузлі (рисунок 1.3)

Визначимо систему координат X, Y, Z і можливі ступені вільності по кожній з осей - I, II, III, IV, V, VI.

Вал-шестерня відноситься до довгих циліндричних деталей, тому, аналізуючи схему базування, бачимо, що, зовнішні циліндричні поверхні 3 і 16 виступають у ролі подвійної напрямної бази (ПНБ), а торець 6 – опорної (ОБ).

						ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			12

Деталь, базуючись у вузлі, позбавляється 5 ступенів вільності (рисунок 2.2), що є достатнім для виконання її службового призначення.

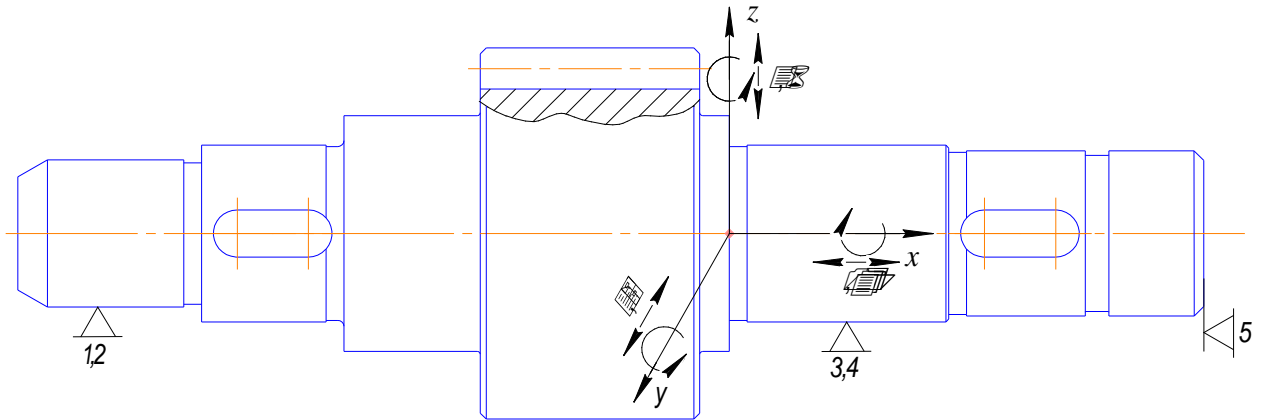


Рисунок 2.2 – Схема базування валу-шестерні у вузлі

Таблиця відповідності та матриця зв'язків наведені в таблицях 2.1 та 2.2 відповідно.

Таблиця 2.1 – Таблиця відповідностей

Зв'язки	Ступені вільності	Найменування баз
1,2,3,4	II,III,V,VI	ПНБ
5	I	ОБ
–	IV	Вакансія

Таблиця 2.2 – Матриця зв'язків

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

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

Тип виробництва знаходиться в залежності від коефіцієнта закріплення операцій  $K_{з.о}$ , що розраховується як відношення кількості всіх технологічних операцій, які виконуються або повинні бути виконані підрозділом виробництва протягом місяця, до числа робочих місць, які виконують відмінні операції.[3]

$$K_{з.о} = \frac{\sum O}{\sum P},$$

де  $\sum O$ - загальне число операцій технологічного процесу;

$\sum P$ - загальна кількість робочих місць, на яких виконуються операції.

$K_{з.о}$  характеризує кількість відмінних технологічних операцій, що виконуються в середньому на одному робочому місці підрозділу виробництва за місяць та розраховується на основі штучного часу. Результати розрахунку типу виробництва заносимо до таблиці 3.1

Таблиця 3.1 - Визначення типу виробництва

№ операції	Найменування операції	$T_{шт}$ , хв	$m_p$	P	$\eta_{з.ф}$	O
1	Фрезельно -центрувальна	6,61	0,036	1	0,036	28
2	Токарна з ЧПК	12,75	0,056	1	0,056	17
3	Токарна з ЧПК	20,08	0,089	1	0,089	19
4	Фрезерна з ЧПК	6,15	0,027	1	0,027	29
5	Зубофрезерна	28,22	0,125	1	0,125	9
6	Круглошліфувальна	6,15	0,027	1	0,027	29
7	Круглошліфувальна	6,92	0,031	1	0,031	27
8	Круглошліфувальна	6,56	0,029	1	0,029	28
Разом:				8		178

Визначаємо кількість верстатів для фрезерно-центрувальної операції. Для решти операцій розрахунки проводимо аналогічно.

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ум}}{60 \cdot F_{\phi} \cdot n_{з.н}}, \text{ шт} \quad (3.1)$$

де  $N$  - річна програма випуску продукції, шт;

$T_{ум}$  - штучний час, хв;

$F_{\phi}$  - дійсний річний фонд часу, год ;

$n_{з.н}$  - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання.

$$m_p = \frac{1000 \cdot 6,61}{60 \cdot 4029 \cdot 0,75} = 0,036 \text{ шт}$$

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження за формулою:

$$n_{з.ф} = \frac{m_p}{P}, \quad (3.2)$$

де  $P$  - кількість робочих місць, шт.;

$$n_{з.ф} = \frac{0,036}{1} = 0,036$$

Визначаємо кількість операцій:

$$O = \frac{n_{з.н}}{n_{з.ф}},$$

де  $n_{з.н}, n_{з.ф}$  - відповідно, нормативний і фактичний коефіцієнти завантаження;

$$O = \frac{0,75}{0,036} = 25,25 \approx 26$$

Для всіх наступних операцій розрахунки виконуємо аналогічно. Для зручності данні заносимо у таблицю 3.1

Визначаємо коефіцієнт закріплення операцій:

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$K_{3.0} = \frac{178}{8} = 22,25$$

Проаналізувавши креслення деталі робимо висновок, що вона по завданню має річний обсяг випуску 1000 штук. При умові  $20 < K_{3.0} < 40$  тип виробництва дрібносерійний.

$$20 < 22,25 < 40$$

Всі подальші розрахунки будемо виконувати для умов, дрібносерійного типу виробництва з коефіцієнтом закріплення операцій.

Дрібносерійний тип виробництва характеризується обмеженою номенклатурою виробів, що виготовляються партіями і порівняно великим об'ємом випуску, що періодично повторюються [2].

Використовується універсальне і спеціалізоване і частково спеціальне устаткування. Широко застосовуються верстати з ЧПК, оброблювальні центри, а також гнучкі автоматизовані системи на основі верстатів з ЧПК, зв'язані транспортуючими пристроями, керованими від ПК. Устаткування розставляється по технологічних групах з урахуванням напряму основних вантажопотоків цеху, по наочно-замкнених ділянках.

Технологічне оснащення в основному універсальне. Велике розповсюдження має універсально-складальне, переналагоджуване технологічне оснащення, що дозволяє значно підвищити коефіцієнт оснащеності дрібносерійного виробництва.

Як початкові заготовки використовується гарячий і холодний прокат, литво в землю і під тиском, точне литво, поковки і точні штампування.

Необхідна точність досягається як методами автоматичного отримання розмірів, так і методами пробних проходів з частковим застосуванням розмітки для складних корпусних деталей.

Кваліфікація робочих вище чим в масовому виробництві, але нижче чим в одиничному. Разом з робочими універсальщиками і налагоджують, що працюють

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

на складному універсальному устаткуванні використовуються робочі-оператори, що працюють на настроєних верстатах.

Залежно від особливості технології виробництва і об'єму випуску забезпечується повна, неповна, групова взаємозамінюваність, проте застосовується і пригін по місцю, компенсація розмірів.

Технологічна документація і нормування детально розробляється для найбільш складних і відповідальних заготовок і спрощеного нормування для простих заготовок.

Вживаний ріжучий інструмент - універсальний і спеціальний.

Вимірювальний інструмент – калібри, спеціальний вимірювальний інструмент.

Відповідно до даного типу виробництва і порядку виконання операцій, розташування технологічного устаткування встановлюється групова форма організації технологічного процесу, що характеризується однорідними конструктивно-технологічними ознаками виробів, єдністю засобів технологічного оснащення.

У дрібносерійному виробництві технологічний процес переважно диференційований, тобто розчленований на окремі операції, які закріплені за окремими певними верстатами. Верстати застосовуються універсальні, спеціалізовані, спеціальні, автоматизовані, агрегати.

Верстатний парк повинен бути спеціалізований такою мірою, щоб був можливий перехід від виробництва однієї серії машин до виробництва інший, декілька що відрізняється від першої в конструктивному відношенні. Повинні застосовуватися спеціалізовані і спеціальні пристосування, спеціалізований і спеціальний ріжучий інструмент і вимірювальний інструмент у вигляді граничних калібрів і шаблонів, що забезпечують взаємозамінюваність оброблених деталей. Як спеціалізовані пристосування (або інструментів) можуть використовуватися нормалізовані конструкції, пристосовані для даної операції.

Дрібносерійне виробництво значно економічніше, ніж одиничне виробництво, оскільки краще використання устаткування, спеціалізація робочих,

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

збільшення продуктивності праці забезпечують зменшення собівартості продукції.

Дрібносерійне виробництво є найбільш поширеним видом виробництва загалом і середньому машинобудуванні.

Визначаємо розмір партії:

$$n = \frac{N \cdot a}{259}, \text{ шт}$$

де  $N$  - кількість одиниць в партії,  $N = 1000$  шт.;

$a$  - періодичність запуску в днях.

$$n = \frac{1000 \cdot 24}{259} = 93 \text{ шт}$$

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Проведемо аналіз деталі на технологічність за якісними показниками у відповідності до рекомендацій [9].

Деталь вал-шестерня відноситься до деталей типу вал. Матеріал деталі – легована сталь 40Х ГОСТ 4543-71, яка легко оброблюється лезвійними інструментами. На кресленні деталі проставлені всі необхідні розміри для її виготовлення, проставлені необхідні параметри шорсткості.

Креслення деталі має достатню кількість видів та перерізів, що дають повне уявлення про конструктивні особливості деталі. Беручи до уваги конструкцію деталі, технічні вимоги та службове призначення робимо висновок, що дана деталь працює в умовах знакозмінних навантажень, та не піддається дії агресивних середовищ. Матеріал деталі задовольняє всім вимогам конструктора та забезпечує нормальну роботоздатність деталі у вузлі.

Деталь – вал - шестерня має ступінчасту форму, головними параметрами якого є: загальна довжина валу, кількість сходинок, нерівномірність їх перепаду по діаметрам, діаметр найбільшої сходинок наявність інших конструктивних елементів. Конструкція вала – шестерні допускає обробку сходинок на прохід і забезпечує зручний підхід і відвод ріжучого інструменту.

Зубчаста поверхня є однією з найбільш складних поверхонь, до неї ставляться підвищені вимоги, щодо точності і якості обробки. Від того як оброблена зубчаста поверхня залежить точність і якість роботи всієї машини в цілому. Зубчаста поверхня проходить термічну обробку, що має велике значення у відношенні короблення, яке можливе при нагріванні та охолодженні деталі.

Деталь не має поверхонь, важко доступних для обробки, і не потребує використання складного ріжучого інструмента. Деталь дозволяє використати високопродуктивні методи обробки, наприклад, на верстатах з ЧПК. Забезпечення необхідної точності розмірів, точності взаємного положення поверхонь не викликає технологічних труднощів та можуть бути виконані на верстатах

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нормальної точності. Жорсткість деталі достатня, що дає можливість використання високих режимів різання.

З погляду розмірної точності конструкцію деталі можна вважати за технологічну. По критерію шорсткості Ra 0,4мкм деталь є не технологічною, але дана шорсткість досягається поліруванням. Згідно рисунка 2.1 поверхня 16 Ø30 має 6 ступінь точності при шорсткості Ra 0,4 мкм. Максимальний квалітет точності IT6 є нетехнологічним, оскільки для його досягнення необхідно декілька етапів обробки (точіння чорнове, напівчистове, чистове і шліфування). Ми не можемо змінити шорсткість поверхні, оскільки деталь працюватиме у підшипниках і тому ця поверхня є відповідальною конструкторською базою деталі.

До деталі пред'явлені високі вимоги по точності розміщення поверхонь:

- допуск радіального биття поверхні відносно бази В не більше 0,05 мм, тому що Ø25k6 є поверхнею для посадки внутрішнього кільця підшипника. Це забезпечує нормальне функціонування вузла в цілому.

- допуск округлості поверхні відносно бази В не більше 0,05 мм, тому що Ø30k6 є поверхнею для посадки внутрішнього кільця підшипника. Це забезпечує нормальне функціонування вузла в цілому.

Форма деталі, з метою оптимізації використання матеріалу, дозволяє отримання початкової заготовки штампуванням на КГШП. Цей метод є найбільш продуктивним у порівнянні із прокатом. Це дозволяє наблизити форму заготовки до форми готової деталі. Тому по даному показнику деталь технологічна.

З погляду розмірної точності конструкцію деталі можна вважати за технологічну. Нетехнологічними елементами є закриті пази шпонки, тому що вони обробляються шпонковими фрезами або кінцевими, а не дисковими, хоча дискові фрези більш продуктивні.

Отже, я вважаю деталь технологічною, тому що вона має просту геометричну форму і конструктивні елементи, які можна обробити на існуючому обладнанні, які не викликають труднощів під час обробки.

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 ВИБІР МЕТОДУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ І РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Основною умовою раціональної технології є максимальне приближення форми та розмірів заготовки до форми та розмірів готової деталі, тому проектування заготовки є важливим етапом проектування технологічного процесу.

Аналізуючи конфігурацію деталі, її матеріал та тип виробництва, можемо зробити висновок, що найбільш раціональним методом отримання заготовки є круглий прокат та гаряча об'ємна штамповка на кривошипному гаряче штампувальному пресі (КГШП). Враховуючи те, що в умовах великосерійного виробництва екогномічно доцільно застосовувати методи заготівельного виробництва, які забезпечують максимальне наближення конфігурації та розмірів заготовки до готової деталі, а також вимоги до зниження собівартості деталі, вважаємо найбільш раціональним метод отримання заготовки – гаряче об'ємне штампування на КГШП.

Вихідними даними для розрахунку є:

- матеріал деталі – сталь 40Х ГОСТ 4543-71,
- маса деталі – 1,05кг,
- річна програма випуску 400 шт,
- тип виробництва – дрібносерійний.

Визначаємо розрахункову масу поковки:

$$G_n = m_o \cdot K_p, \text{ кг} \quad (5.1)$$

де  $K_p$  – коефіцієнт по [4, прил. 3, с.31],  $K_p = 1,6$ .

$$G_n = 1,05 \cdot 1,6 = 1,68 \text{ кг}$$

Визначення припусків, допусків і допустимих відхилень.

Клас точности [4, прил. 1, с.28] – Т5

Група сталі [4, табл. 1, с.7] – М2

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Визначаємо ступінь складності [4, прил. 2, с.29]. Ступінь складності  $\epsilon$  – відношення маси (об'єму)  $G_3$  заготовки до маси (об'єму)  $G_\phi$  геометричної фігури, в яку можна вписати форму штамповки.

Визначаємо розрахункову масу описуємої фігури:

$$\frac{G_{\Pi}}{G_{\phi}} = \frac{V_{\Pi}}{V_{\phi}} = C \quad (5.2)$$

$$C = \frac{352788,9}{780415,6} = 0,45$$

Ступінь складності вибираємо по [4, прил. 2, с.29], що відповідає ступіні складності – С2.

Конфігурація поверхні раз'єма штапу – П (плоска).

Вихідний індекс по [4, с.9, черт. 9] – 14.

Основні припуски по [4, с.12, табл. 3]:

- 1) на діаметр  $d = 30$  ( $Ra = 3,2$  мкм) – 1,8мм.
- 2) на діаметр  $d = 40$  ( $Ra = 6,3$  мкм) – 2,0мм.
- 3) на діаметр  $d = 63$  ( $Ra = 3,2$  мкм) – 2,0мм.
- 4) на діаметр  $d = 30$  ( $Ra = 0,4$  мкм) – 2,6мм.
- 5) на довжину  $l = 89$  ( $Ra = 6,3$  мкм) – 2,0мм.
- 6) на довжину  $l = 94$  ( $Ra = 6,3$  мкм) – 2,0мм.
- 7) на довжину  $l = 131$  ( $Ra = 6,3$  мкм) – 2,3мм.
- 8) на довжину  $l = 154$  ( $Ra = 6,3$  мкм) – 2,3мм.
- 9) на довжину  $l = 209$  ( $Ra = 6,3$  мкм) – 2,5мм.

Допоміжні припуски, які враховують:

- зміщення по поверхні раз'єма штапів – 0,3 мм [4, табл. 4];
- відхилення від площинності – 0,5 мм [4, табл. 5].
- вигнітість – 0,8 мм.

Штапувальні ухили по [4, табл. 8, с.26]:

- приймаємо  $7^\circ$ .

Розміри поковки:

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- діаметр  $30 + (1,8 + 0,3 + 0,8 + 0,5) \cdot 2 = 36,8$  мм, приймаємо 37мм;
- діаметр  $40 + (2,0 + 0,3) \cdot 2 = 44,6$  мм, приймаємо 45 мм;
- діаметр  $63 + (2,0 + 0,3) \cdot 2 = 67,9$  мм, приймаємо 68 мм;
- діаметр  $30 + (2,6 + 0,30 + 0,5 + 0,8) \cdot 2 = 37,8$  мм, приймаємо 38 мм;
- довжина  $89 + 2,0 + 0,6 + 0,3 = 91,9$  мм, приймаємо 92 мм;
- довжина  $94 + (2,0 + 0,6 + 0,3) - (2,0 + 0,6 + 0,3) = 94$ мм, приймаємо 95мм
- довжина  $131 + (2,3 + 0,6 + 0,3) - (2,0 + 0,6 + 0,3) = 131,3$ мм,

приймаємо 132 мм

- довжина  $154 + (2,3 + 0,6 + 0,3) - (2,0 + 0,6 + 0,3) = 154,3$  мм,

приймаємо 155 мм

- довжина  $209 + 2,5 + 0,6 + 0,3 = 212,7$  мм, приймаємо 213 мм

Допустимі відхилення розмірів [4, табл. 8]:

- діаметр  $37 \begin{smallmatrix} +1,6 \\ -0,9 \end{smallmatrix}$ ;мм
- діаметр  $45 \begin{smallmatrix} +1,8 \\ -1,0 \end{smallmatrix}$ ;мм
- діаметр  $68 \begin{smallmatrix} +1,8 \\ -1,0 \end{smallmatrix}$ ;мм
- діаметр  $45 \begin{smallmatrix} +1,8 \\ -1,0 \end{smallmatrix}$ ;
- діаметр  $38 \begin{smallmatrix} +1,6 \\ -0,9 \end{smallmatrix}$ мм;
- довжина  $92 \begin{smallmatrix} +1,8 \\ -1,0 \end{smallmatrix}$ мм;
- довжина  $95 \begin{smallmatrix} +1,8 \\ -1,0 \end{smallmatrix}$ мм;
- довжина  $132 \begin{smallmatrix} +2,1 \\ -1,1 \end{smallmatrix}$ мм;
- довжина  $155 \begin{smallmatrix} +2,1 \\ -1,1 \end{smallmatrix}$ мм;
- довжина  $213 \begin{smallmatrix} +2,4 \\ -1,2 \end{smallmatrix}$ мм.

Допуск довжини стержня 4,0 мм – по п.5.6

Невказані допуски радіусов закруглення:  $3 \pm 1,0$  мм.

Допустимі відхилення від площинності – по п. 5.16 : - 1,2 мм.

Допустима величина залишкового облою – по п. 5.23 : - 0,8 мм.

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23



Допустима величина на зниження по поверхності раз'єма штампуну по п. 5.7 – 0,6 мм.

Допустиме відхилення штампувальних ухилів по п. 5.24 –  $(7^\circ \pm 1,7^\circ)$ .

Ескіз заготовки, отриманої методом гарячого об'ємного штампування на КГШП, представлений на рис.5.1

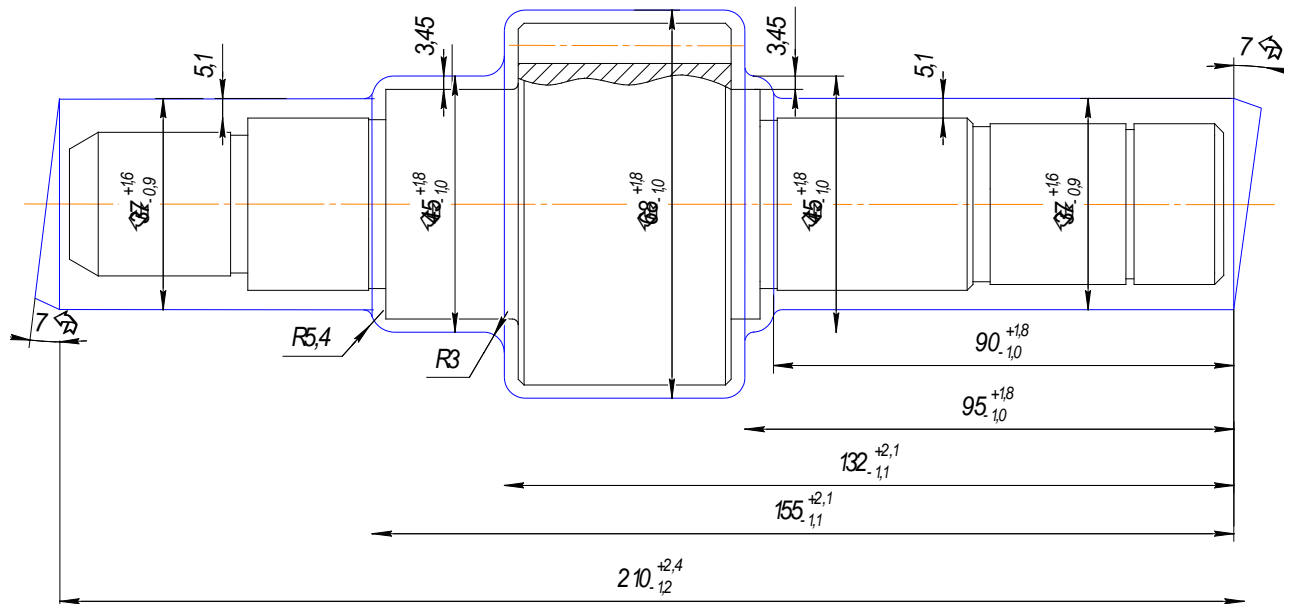


Рисунок 5.1 – Ескіз заготовки, отриманої методом гарячого об'ємного штампування на КГШП

Визначаємо об'єм заготовки:

$$V_{\text{заг}} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5, \text{ мм}^3 \quad (5.3)$$

де  $V_1 \dots V_5$  – об'єми елементарних фігур,  $\text{мм}^3$

$$V = \frac{\pi \times D^2}{4} \times L, \text{ мм}^3 \quad (5.4)$$

$$V_1 = \frac{3,14 \times 37^2}{4} \times 90 = 96720 \text{ мм}^3$$

									Арк.
									24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$V_2 = \frac{3,14 \times 45^2}{4} \times 5 = 10896 \text{ мм}^3$$

$$V_3 = \frac{3,14 \times 68^2}{4} \times 37 = 134304 \text{ мм}^2$$

$$V_4 = \frac{3,14 \times 45^2}{4} \times 23 = 36561 \text{ мм}^3$$

$$V_5 = \frac{3,14 \times 37^2}{4} \times 58 = 62330 \text{ мм}^2$$

$$V_{\text{заг}} = 96720 + 10896 + 134304 + 36561 + 62330 = 307391 \text{ мм}^3$$

$$m_3 = V_{\text{заг}} \times \rho = 307391 \times 7.85 \times 10^{-6} = 2.41 \text{ кг}$$

Визначаємо вартість заготовки штамповки за формулою:

$$S_{\text{заг.}} = \left( \frac{C_i}{1000} \times M_3 \times k_m \times k_c \times k_e \times k_{\text{м}} \times k_n \right) - (M_3 - M_0) \times \frac{C_{\text{відх.}}}{1000}, \text{грн.} \quad (5.5)$$

де  $k_T$  – коефіцієнт, який вказує на точність,  $k_T = 1$ ; ([3], с. 37);

$k_M$  – коефіцієнт, який враховує марку матеріалу, для сталі 40X

$k_M = 1,13$  ([3], с.37);

$k_c$  – коефіцієнт, який залежить від групи складності,; для групи складності  $C_3$

$k_c = 0.87$  ([3], табл. 2.10, с. 35);

$k_B$  – коефіцієнт, який залежить від маси штамповки,

$k_B = 1.14$ ; ([3], табл. 2.12, с.38 )

$k_n$  – коефіцієнт, який залежить від об'єму виробництва,

$k_n = 1.0$ ; ([ 3 ], табл. 2.13, с. 38 )

$C_{\text{відх.}}$  - вартість однієї тони відходів,  $C_{\text{відх.}} = 250$  грн. ([3], табл. 2.7, с. 32 );

$C_i$  - вартість однієї тони штамповок,  $C_i = 3730$  грн. ([3], с. 37);

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{в.м}} = \frac{m_0}{m_3} = \frac{2,05}{2,41} = 0,85$$

Значення коефіцієнт використання матеріалу свідчить про те, що метод отримання заготовки обраний вірно.

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

## 6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ЧИ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Проаналізуємо базовий технологічний процес виготовлення валу-шестерні 1288-02-0023.

Технологічний процес виготовлення деталі розроблений відповідно до технічних вимог до точності, якості поверхонь валу-шестерні, а також з урахуванням особливостей дрібносерійного виробництва [12].

Аналіз базового технологічного процесу виготовлення валу-шестерні 1288-02-0023 з урахуванням схем базування наведений у таблиці 6.1

Таблиця 6.1 – Базовий технологічний процес виготовлення валу-шестерні 1288-02-0023

№ Операції	Найменування операції	Короткий зміст операції	Базування	Обладнання
1	2	3	4	5
000	Заготівельна	Обробка тиском		КГШП
005	Фрезерно-центрувальна	Фрезерувати торці. Центрувати торці.	В призмах зовнішня поверхня	МР-71М
010	Токарна з ЧПК	Установ А, Б Точити зовнішні поверхні та торці згідно керуючої програми начорно.	Центрові отвори упор у лівий торець(подвійно напрямна та опорна база)	16К20Ф3
015	Токарна з ЧПК	Установ А, Б Точити зовнішні поверхні, фаски та канавки згідно керуючої програми начисто	Центрові отвори упор у лівий торець(подвійно напрямна та опорна база)	16К20Ф3
020	Контрольна	Контролювати розміри згідно креслення		Стіл ВТК
025	Зубофрезерна	Фрезерувати зубчасту поверхню, витримати розміри: 40мм, (модуль 2, число зубців 31).	Центрові отвори упор у лівий торець (подвійно напрямна та опорна база)	5К301П
030	Слюсарна	Притупити гострі кромки		Верстат слюсарний

Продовження таблиці 6.1

040	Контрольна	Контролювати розміри згідно креслення		Стіл ВТК
055	Термічна	загартувати зубчасту поверхню для досягнення мехнічних властивостей, передбачених кресленням		установка СВЧ
065	Круглошліфувальна	Установ А, Б Шліфувати попередньо зовнішні поверхні	Центрові отвори упор у лівий торець (подвійно напрямна та опорна база)	ЗМ153
070	Круглошліфувальна	Установ А, Б Шліфувати остаточно зовнішні поверхні	Центрові отвори упор у лівий торець (подвійно напрямна та опорна база)	ЗМ153
075	Мийна			
080	Контрольна	Перевірка на твердість		Твердомір
085	Вертикально-фрезерна з ЧПК	Фрезерувати шпонкові пази	Центрові отвори упор у лівий торець (подвійно напрямна та опорна база)	6Р13Ф3
050	Слюсарна	Притупити гострі кромки		Верстат слюсарний
090	Контрольна	Контролювати розміри згідно креслення	На столі ВТК	Стіл ВТК

Як бачимо, на деяких операціях застосовується застаріле обладнання, яке у подальшій роботі буде запропоновано замінити на більш сучасне.

### 6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Виконуємо розрахунок припусків та міжопераційних розмірів розрахунково-аналітичним методом проф. Кована В.М. припусків на зовнішню поверхню  $\varnothing 30k6^{(+0.015)}_{(+0.002)} \text{ мм}$  у відповідності до рекомендацій [3].

Технологічна послідовність обробки поверхні:

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Заготовка; чорнове точіння; напівчистове точіння; чистове точіння;  
шліфування

Для вказаних технологічних переходів визначаємо елементи припуску  $R_z$ ,  
Т.[3]табл.4.3,4.5, с.63-64

– для заготовки	$R_z = 160\text{мкм}$	$T=200\text{ мкм}$
– для чорнового точіння	$R_z = 50\text{мкм}$	$T=50\text{ мкм}$
– для напівчистового точіння	$R_z = 25\text{мкм}$	$T= 25\text{ мкм}$
– для чистового точіння	$R_z = 5\text{мкм}$	$T = 5\text{мкм}$

Визначаємо значення просторових відхилень форми :

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2}, \text{мкм}, \quad (6.1)$$

де  $\rho_{зм}$  - коефіцієнт зсуву  $\rho_{зм} = 0,6\text{мм} = 600\text{мкм}$

$\rho_{кор}$  - коефіцієнт викривлення  $\rho_{зм} = 3,0\text{мм} = 3000\text{мкм}$

$\rho_{ц}$  - коефіцієнт центрування

$$\rho_{ц} = \sqrt{\left(\frac{\delta_3}{2}\right)^2 + 0,25^2}, \text{мкм} \quad (6.2)$$

Допуск на поверхні, які використовуємо в якості баз на фрезерно –  
центрувальній операції, визначаємо по ГОСТ 7505-88 для штампованих заготовок  
 $\delta_3 = 3,0\text{ мм}$ .

$$\rho_{ц} = \sqrt{\left(\frac{3,0}{2}\right)^2 + 0,25^2} = 1,52\text{ мм}$$

$$\rho_{заг} = \sqrt{600^2 + 3000^2 + 1520^2} = 3416\text{ мкм}$$

Розраховуємо залишкове просторове відхилення для наступних переходів за  
формулою:

$$\rho = \rho_{заг} \cdot K_y, \text{мкм} \quad (6.3)$$

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

де  $k_y$  – коефіцієнт уточнення форми, залежить від виду обробки:

- для чорнового точіння  $k_y = 0,06$ ;
- для напівчистового точіння  $k_y = 0,05$ ;
- для чистового точіння  $k_y = 0,04$ .

$$\rho_{\text{чорн}} = 3416 \cdot 0,06 = 205 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{чист}} = 3416 \cdot 0,05 = 171 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{чист}} = 3416 \cdot 0,04 = 137 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{шліф}} = 3416 \cdot 0,03 = 102 \text{ мкм}$$

В нашому випадку похибка установки та похибка закріплення відсутня, оскільки деталь встановлюється в заздалегідь оброблені центрові отвори.

Таблиця 6.2 – Вихідні дані для розрахунку припусків на обробку та граничних розмірів для  $\varnothing 30k6^{(+0.015}_{+0.002})\text{мм}$

Методи обробки поверхні $\varnothing 30\text{мм}$	Елементи припуску, мкм			
	$R_z$	T	$\rho$	$\epsilon$
Заготовка	160	200	3059	-
Точіння: чорнове	50	50	205	0
напівчистове	25	25	171	0
чистове	5	5	137	0
Шліфування	5	10	102	0

Отримані вихідні дані використовуємо для автоматичного розрахунку припусків та міжопераційних розмірів розрахунково-аналітичним методом проф. Кована В.М. за допомогою ПК. Результати розрахунків представлені в додатку Б кваліфікаційної роботи.

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

На основі розрахунків будуємо схему розташування припусків та допусків, зображену на рисунку 6.1.

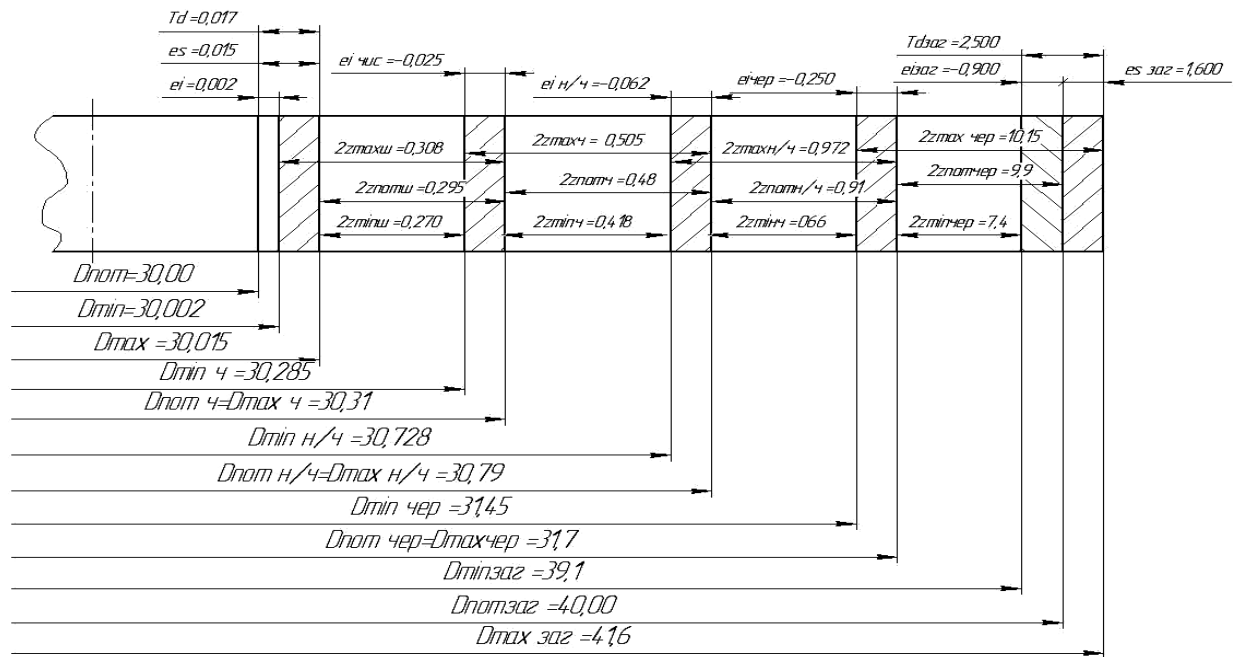


Рисунок 6. 1 – Схема розташування полів допусків і між операційних розмірів для  $\varnothing 30k6^{+0,015}_{+0,002}$  мм

## 6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

Операція 025 Токарна з ЧПК

Проанлізуємо можливі схеми базування на токарну операцію з ЧПК. На цю операцію можливо запропонувати дві схеми базування і закріплення заготовки:

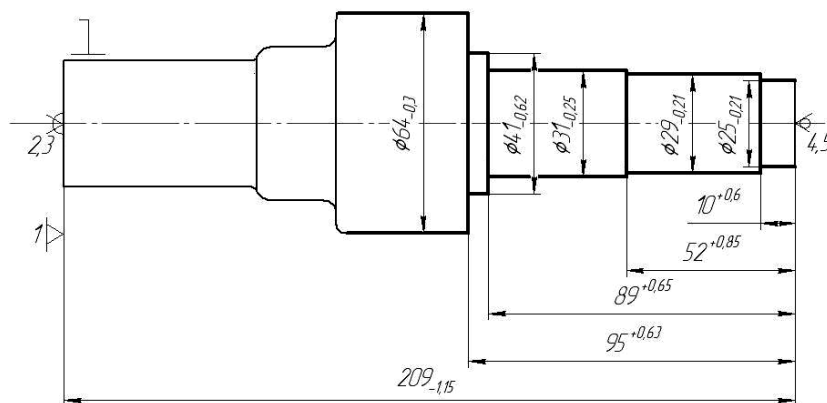
- Базування з використанням плаваючого і обертального правого центру.
- Базування в жорсткому лівому і обертального правого центру.

Центра орієнтують заготовку відносно вісей координат OZ і OY, а торець полишає переміщення вдоволь вісі OX. Таке базування полишає п'яти степеней вільності і забезпечує вимоги креслення.[9]

Розглянемо базування з використанням лівого плаваючого і обертального правого центру.

					TM 17090069-00 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Установ А



## Установ Б

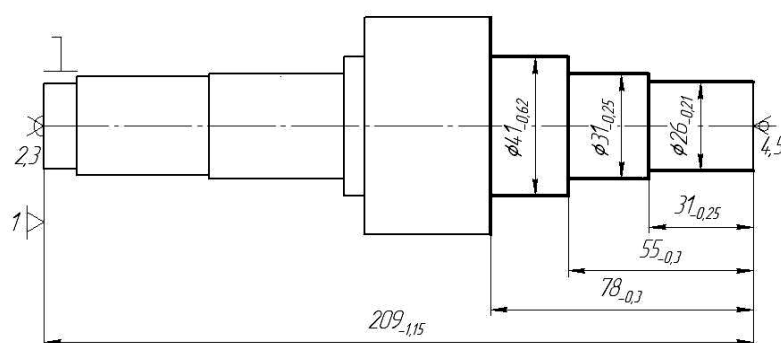


Рисунок 6.2 – Ескіз заготівки на операцію 025.Схема 1

На цій операції обробляється зовнішні циліндричні поверхні за два установи, розміри яких складають:  $\varnothing 25_{-0,21}$  мм, довжина  $20 (+0,6;0)$  мм;  $\varnothing 29_{-0,21}$  мм, довжина  $50 (+0,85;0)$  мм;  $\varnothing 31_{+0,25}$  мм, довжина  $89 (+0,65;0)$  мм;  $\varnothing 41_{+0,62}$  мм, довжина  $95 (+0,63;0)$  мм;  $\varnothing 64_{+0,3}$  мм;  $\varnothing 26_{-0,21}$  мм, довжина  $31 (0;-0,25)$  мм;  $\varnothing 31_{+0,25}$  мм, довжина  $55 (0;-0,3)$  мм;  $\varnothing 41_{+0,62}$  мм, довжина  $78 (0;-0,3)$  мм; поверхні дна паза-  $R_a = 6,3\text{мкм}$ .

Базування і закріплення проводиться у центрових отворах за схемою 1.

Похибка базування по варіанту дорівнює допуску на розмір  $209_{-1,15}$ .

$$E\bar{b}_{10} = T_{209} = 1,15 > 0,6 \text{ мкм}$$

$$E\bar{b}_{52} = T_{209} = 1,15 > 0,85 \text{ мкм}$$

$$E\bar{b}_{89} = T_{209} = 1,15 > 0,65 \text{ мкм}$$

$$E\bar{b}_{95} = T_{209} = 1,15 > 0,63 \text{ мкм}$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

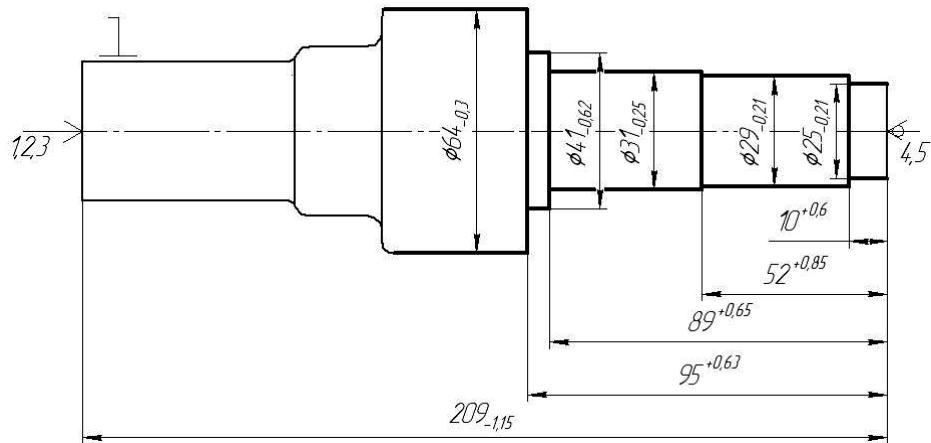


$$E\delta_{31} = T_{209} = 1,15 > 0,25 \text{ мкм}$$

$$E\delta_{55} = T_{209} = 1,15 > 0,3 \text{ мкм}$$

$$E\delta_{78} = T_{209} = 1,15 > 0,3 \text{ мкм}$$

### Установ А



### Установ Б

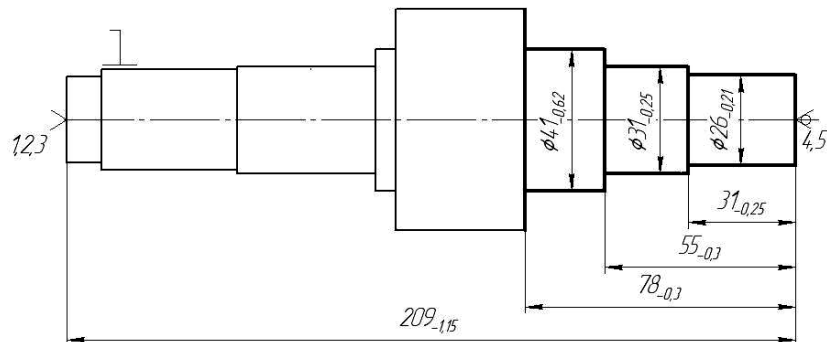


Рисунок 6.3 – Ескіз заготівки на операцію 025.Схема 2

Розрахунок похибки базування на виконувани розміри.

Похибка базування по варіанту дорівнює допуску на розмір  $209_{-1,15}$  мм і похибці базування на зацентрування отворів. [9] с.36

Розрахуємо похибку базування на центрування:

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$\varepsilon_y = \frac{\delta_D}{2 \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right)}, \text{мм} \quad (6.4)$$

де  $\delta_D$  - допуск по діаметру конічної частини центрального гнізда, 0,43мм;

$\alpha$  - кут при вершині конуса центрального гнізда, 60°.

$$\varepsilon_y = \frac{0,43}{2 \operatorname{tg}\left(\frac{120}{2}\right)} = 0,124 \text{мм}$$

$$E\bar{b}_{10} = T_{209} + \varepsilon_y = 1,15 + 0,124 = 1,274 > 0,6 \text{мкм}$$

$$E\bar{b}_{52} = T_{209} + \varepsilon_y = 1,15 + 0,124 = 1,274 > 0,85 \text{мкм}$$

$$E\bar{b}_{89} = T_{209} + \varepsilon_y = 1,15 + 0,124 = 1,274 > 0,65 \text{мкм}$$

$$E\bar{b}_{95} = T_{209} + \varepsilon_y = 1,15 + 0,124 = 1,274 > 0,93 \text{мкм}$$

$$E\bar{b}_{31} = T_{209} + \varepsilon_y = 1,15 + 0,124 = 1,274 > 0,25 \text{мкм}$$

$$E\bar{b}_{55} = T_{209} + \varepsilon_y = 1,15 + 0,124 = 1,274 > 0,3 \text{мкм}$$

$$E\bar{b}_{78} = T_{209} + \varepsilon_y = 1,15 + 0,124 = 1,274 > 0,3 \text{мкм}$$

Аналіз розглянутих схем базування показав, що в обох випадках застосовується базування в центрах, так як дана схема дозволить виконати принцип постійності баз (тобто на більшості операцій використовувати в якості технологічних баз центрові отвори).

Похибка базування присутня як і в першій схемі, так і в другій. Але в першій схемі вона менша, тому що ми використовуємо лівий плаваючий і обертальний правий центр, при якому відсутня похибка центрування, тому остаточно приймаємо перший спосіб базування заготовки. Але для отримання заданого допуску на інші розміри, необхідно скоректувати конструкторські розміри, і торці деталі обробити по 10 квалітету. Це зменшить допуск на розмір з 209<sub>-1,15</sub> мм на 209<sub>-0,185</sub> мм і дозволить обробити поверхні деталі без браку.

Таблиця відповідностей і матриця зв'язків обраної схеми базування приведені

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в таблицях 6.3 і 6.4.

Таблиця 6.3 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені свободи	Назви баз
1,2,3,4	III,VI,V,II	Подвійно напрямна база
5	I	Опорна база
6	0	Вакансія

Таблиця 6.4 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	
L	1	1	0	Подвійна напрямна база
A	1	1	0	
L	0	0	1	Опорна база
A	0	0	0	
L	0	0	0	Вакансія
A	0	0	0	

#### Операція 045 Вертикально-фрезерна з ЧПК

Першим методом є базування заготовки в призмах.

Закріплення і базування заготовки може здійснюватися закріпленням за поверхні Ø30кбмм і Ø28кбмм в призмах з упором в торець. Призми орієнтують заготовку відносно вісей координат OZ і OY, а торець полишає переміщення вдоль вісі OX. Таке базування полишає п'яти степеней вільності і забезпечує вимоги креслення.

Другим методом базування заготовки є закріплення її в самоцентруючих призмах. Деталь при установці в пристрій необхідно з орієнтувати по її поверхням обертання. Пристрої, які використовуються мають нетіки центруючі, але й затискні механізми.

При базуванні цим методом не виникає похибки на розмір  $4^{+0,4}$ . Але використання таких пристроїв потребує певних затрат.

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Такі пристрої застосовують у серійному виробництві при базуванні великої партії заготовок.

Тому приймаємо перший варіант базування і виконуємо розрахунки.

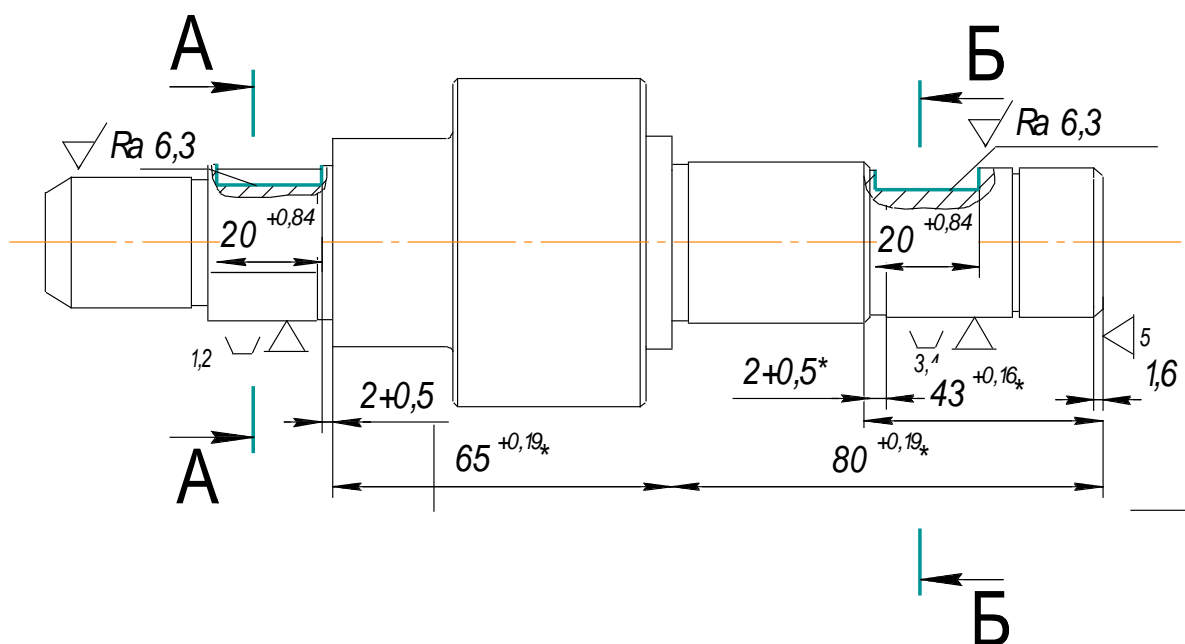


Рисунок 6.3 – Ескіз заготовки на операцію 045

На даній операції обробляється 2 пази, розміри яких складають: довжина  $20h14_{0}^{+0.062}$  мм, ширина  $8h11_{0}^{+0.090}$  мм, глибина  $4_{0}^{+0.4}$  мм; шорсткість бічних сторін паза  $Ra = 3,2$  мкм; поверхні дна паза  $Ra = 6,3$  мкм.

Базування і закріплення проводиться поверхнями  $\varnothing 25k6$  і  $\varnothing 30k6$  у призмах з упором в торець  $\varnothing 40h14$ . Призми орієнтують заготовку щодо вісей координат OZ і OY, а торець позбавляє переміщення уздовж осі OX. Така схема базування позбавляє в мал-шестерню п'яти ступенів вільності і забезпечує вимоги креслення щодо точності та якості поверхонь. Закріплення заготовки проводиться двома прихватами по поверхнях  $\varnothing 25k6_{-0.002}^{+0.015}$  мм і  $\varnothing 30k6_{-0.002}^{+0.015}$  мм.

Похибка базування по варіанту:

При даній схемі базування може бути сконструйоване і виготовлене просте, і надійне пристосування.

											Арк.
											35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Точність виконання ширини паза визначається точністю виготовлення ріжучої частини фрези (розмір  $8h11_{(0}^{+0.090})_{мм}$ ), точністю настройки верстата (розмір  $20h14_{(0}^{+0.062})_{мм}$ ) і точністю базування валу в призмі (розмір  $4_{(0}^{+0.4})_{мм}$ ). Останній досягається при способі автоматичного забезпечення розміру на заздалегідь настроєному верстаті і розраховується як точність базування валу в призмі.

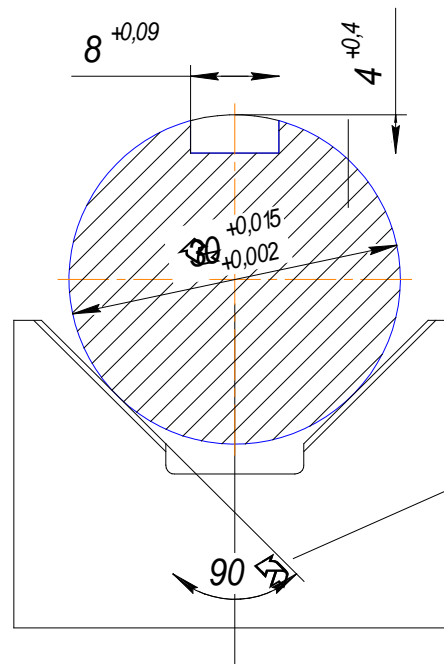


Рисунок 6. 4 – Схема для розрахунку похибки базування

Похибка базування  $E_{64}$  визначається по формулі:

$$E_{B4} = \frac{T(\varnothing 28)}{2} \left( \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right) = \frac{0,013}{2} \left( \frac{1}{\sin \frac{90^\circ}{2}} + 1 \right) = 0,016_{мм} \quad (6.5)$$

де  $T_{25}=0,013_{мм}$  – допуск на розмір, по якому здійснюється базування;

$\alpha = 90^\circ$  - кут призми.

Порівнюємо допуск на глибину паза  $T_4=0,4_{мм} > E_{64}=0,016_{мм}$  і робимо висновок, що точність буде забезпечена при виготовленні всієї програми виробів.

Для правого пазу:

										Арк.
										36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$T_2 = 0,5$ ;  $E\delta_1 = T_6 + T_{46} = 0,075 + 0,16 = 0,235$  мм це менше допуску на розмір, що цілком допустимо.

Для лівого пазу:

$T_3 = 0,5$ ;  $E\delta_2 = T_6 + T_{88} + T_{65} = 0,075 + 0,22 + 0,19 = 0,485$  мм це менше допуску на розмір, що цілком допустимо.

Враховуючи те, що вал-шестерня відноситься до довгих циліндричних деталей, можемо охарактеризувати бази:

Зовнішня циліндрична поверхня діаметром  $\varnothing 25k6^{(+0.015)}_{(-0.002)}$  мм і  $\varnothing 30k6^{(+0.015)}_{(-0.002)}$  мм (подвійна напрямна база) позбавляє деталь чотирьох ступенів вільності; торець (опорна база) позбавляє деталь однієї ступені вільності;

Таблиця відповідностей і матриця зв'язків обраної схеми базування приведені в таблицях 6.5 і 6.6.

Таблиця 6.5 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені свободи	Назви баз
1,2,3,4	III, VI, V, II	Подвійно напрямна база
5	I	Опорна база
6		Вакансія

Таблиця 6.6 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	
L	1	0	1	Подвійно напрямна база
A	1	0	1	
L	0	1	0	Опорна база
A	0	0	0	
L	0	0	0	Вакансія
A	0	1	0	

Проаналізувавши матриці можна стверджувати про те, що заготовка буде позбавлена п'яти ступенів вільності,  $\Sigma = 4 + 1 = 5$  ступенів. Заготівка кріпиться прихватами по опорних поверхнях  $\varnothing 25k6^{(+0.015)}_{(-0.002)}$  мм і  $\varnothing 30k6^{(+0.015)}_{(-0.002)}$  мм. Напрямок сил закріплення сприймається поверхням призми.

						ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			37

### 6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

У заводському технологічному процесі для виготовлення валу-шестерні використовуються: токарний верстат з ЧПК моделі 16К20Ф3 та вертикально-фрезерний верстат з ЧПК моделі 6Р13Ф3. Аналіз обладнання показує, що його застосування доцільне в умовах дрібносерійного виробництва. Методи обробки визначені з урахуванням форми оброблюваних поверхонь, їх точності і шорсткості. Використання зазначеного обладнання передбачає досягнення точності заданих розмірів методом отримання на налаштованому верстаті.

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. Таким чином, на операції 025 пропонуємо застосувати токарний верстат з ЧПУ моделі CFG46D (таблиця 6.7).

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

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

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

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.

На вертикально-фрезерній операції з ЧПК 045 відбувається фрезерування двох шпонкових пазів. Конструкція заготовки, її маса, габарити, взаємне положення оброблюваних поверхонь дає підставу порівняти вертикально-фрезерні верстати з ЧПУ: LCV-760 та 6P13Ф3 (таблиця 6.10).

Таблиця 6.10 Порівняльні характеристики верстатів LCV-760 та 6P12

Характеристика верстата	Модель верстата	
	LCV-760 (пропоноване обладнання)	6P13Ф3 (застосовується у заводському технологічному процесі)
Розміри робочої поверхні стола, мм	400x1200	320×1250
Найбільше повздовжнє переміщення стола, мм	800	800
Найбільше поперечне переміщення стола, мм	400	280
Найбільше вертикальне переміщення стола, мм	400	420
Клас точності	Н	Н
Діапазон частот обертів шпинделя, хв <sup>-1</sup>	40 - 2000	31,5-1600
Потужність електродвигуна привода шпинделя, 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 та металорізального і вимірювального інструменту**

Вибір ріжучого інструменту залежить від матеріалу заготовки і стану її поверхневого шару, своєрідності обробки деяких поверхонь заготовки, етапів обробки. Залежно від цих і інших чинників вибирається матеріал ріжучої частини інструменту, геометрія і габарити.

При виборі пристосувань для базування й закріплення заготовки на верстаті скористаємося прийнятою схемою базування в пункті 5.1.

Для обробки сталі 40Х використовуємо інструмент, ріжуча частина якого виготовлена титановольфрамкових твердих сплавів, швидкорізальних інструментальних сталей.

Для між операційного і кінцевого контролю оброблюваних поверхонь передбачаємо застосування стандартного та універсального вимірювального інструменту.

Для операції 025 вибираємо наступне верстатне пристосування:

- 1) Центр обертання А-1 – 4-Н ГОСТ 8742-75
- 2) Центр плаваючий 7032-0017 ГОСТ2576-79
- 3) Патрон поводковий 7108-0021 ГОСТ 2571-71[6,с.72].

Найбільш прогресивним інструментом є різальний інструмент із твердосплавними непереточувати пластинами. Тому вибираємо цей інструмент, при цьому перевагу віддамо інструментам з механічним кріпленням твердосплавних пластин.

Для виконання технологічних переходів операції необхідний наступний інструмент: різець 2103-0711 ГОСТ 20872-80, ([3], с.267), Т5К10 ([2],с.116); різець токарний з механічним кріпленням твердосплавних пластин Т15К6 з перетином державки 25x25 мм .

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

При виборі контрольно-вимірювальних інструментів в увагу варто прийняти трудомісткість вимірів, точність вимірів тип виробництва.

У дрібносерійному виробництві пріоритет варто віддавати універсальним (шкальним) вимірювальним засобам. При визначенні точності інструментів потрібно враховувати, що ціна розподілу повинна становити 0,01;0,5 допуску вимірювального параметра, тому як міряльний інструмент вибираємо:

- штангенциркуль ШЦ-I-125-0,01 ГОСТ 166-89;
- шаблони спеціальні.

Для операції 045 вибираємо наступне верстатне пристосування:

Вибір затискних пристроїв проводиться виходячи з типу виробництва і конфігурації поверхонь заготовки. Базування і закріплення заготовки на даній операції проводиться в спеціальному пристосуванні з гідроприводом, яке встановлюється на стіл верстата і кріпиться болтами до пазів.

Ріжучий інструмент, вживаний на операції, - фреза кінцева 2223-0501 D=8мм; L=63мм; l=16мм; z=3(число зубів фрези), тип 1- з циліндровим хвостовиком по ДСТУ ГОСТ 17026:2008, матеріал фрези Р6М5 [2]. Допоміжний інструмент - цанговий патрон 1-40-12-90 ГОСТ 26539-85\*

Для вимірювання розмірів паза застосовується глибиномір 8315-0508 ГОСТ24116-80. Шорсткість поверхонь вимірюється еталонами шорсткості по ГОСТ 9378-75[2].

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

## 6.5 Розрахунок режимів різання

Призначаємо режими різання на операцію 020.

На токарному верстаті з ЧПК моделі CFG46D точити поверхню Ø30мм і довжиною 24 мм. Матеріал заготовки – сталь 40Х,  $\sigma_B=590$  МПа, заготовка – штампівка. Охолодження – емульсія.

Розрахунок виконуємо за довідником [14].

Вибираємо різець і встановлюємо його геометричні параметри. Приймаємо токарний прохідний різець відігнутий правий. Матеріал ріжучої частини – твердий сплав Т14К8; матеріал корпусу різця – сталь 45; переріз корпусу різця 16х25мм. Геометричні параметри різця : форма передньої поверхні – плоска з фаскою; кути різця –  $\varphi=45^\circ$ ,  $\varphi_1=45^\circ$ ,  $\lambda=0^\circ$ ,  $\alpha=10^\circ$ ,  $\gamma=12^\circ$ ,  $\gamma_\phi=-3^\circ$ ,  $r=1$ мм.

Призначаємо режими різання.

1. Визначаємо глибину різання. При знятті припуску за один прохід  $t = h = 2,0$  мм.

2. Призначаємо подачу табл. 11, с.266. Для параметра шорсткості поверхні  $Ra = 6.3$  мкм при обробці сталі різцем з  $r=1$ мм  $S_o = 0.4-0.5$  мм/об. Приймаємо  $S_o = 0,5$  мм/об, коректуємо за паспортними даними верстата  $S_o = 0,5$  мм/об.

3. Призначаємо період стійкості різця. При одно інструментальній обробці  $T = 30...60$  хв. (с. 268). Приймаємо  $T = 60$  хв.

4. Визначаємо швидкість головного руху різання, допустиму ріжучими властивостями різця:

$$V_i = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_o^y} \cdot K_v, \text{ м/хв} \quad (6.6)$$

де  $C_v$  - коефіцієнт, що вказує на вплив умов обробки на швидкість різання;

$T, t, S$  - елементи режиму різання;

$x, y, m$  - показники степеня, що враховують вплив елементів режиму різання на швидкість різання.

Значення коефіцієнту  $C_v$  і показників  $x, y, m$  визначаємо за табл. 17, с.269.

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$C_v = 350, \quad x = 0,15, \quad y = 0,35, \quad m = 0,20$$

Коефіцієнт  $K_v$  визначаємо за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{\varphi v}, \quad (6.7)$$

де  $K_{mv}$  - коефіцієнт, що залежить від матеріалу заготовки;

Коефіцієнт  $K_{mv}$  визначаємо за табл.1, с. 261

$$K_{mv} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (6.8)$$

Показник степеня  $n_v$  і  $K_r$  визначаємо за табл.2, с. 262.  $n_v = 1.0$ ,  $K_r = 1.0$

$$K_{mv} = 1.0 \cdot \left( \frac{750}{590} \right)^{1.0} = 1,27$$

$K_{nv}$  - коефіцієнт, що залежить від глибини різання,  $K_{nv} = 0.8$ , табл. 5, с. 263;

$K_{iv}$  - коефіцієнт, що залежить від стану поверхні,  $K_{iv} = 0.8$ , табл. 6, с. 263;

$K_{\varphi v}$  - коефіцієнт, що залежить від марки інструментального матеріалу,  $K_{\varphi v} = 1.0$ , табл. 6, с. 263.

$$K_v = 1.271 \cdot 0.8 \cdot 0.8 \cdot 1.0 = 0.814$$

$$V_i = \frac{350}{60^{0,20} \cdot 2,0^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,814 = 144,22 \text{ м/хв.}$$

5. Визначаємо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V_l}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв} \quad (6.9)$$

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$n = \frac{1000 \cdot 144,22}{3,14 \cdot 30} = 1530 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо знайдене значення  $n$  за паспортними даними верстата і встановлюємо дійсну частоту обертання шпинделя:  $n_d = 1250 \text{ об/хв.}$

6. Визначаємо дійсні швидкості різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_o}{1000}, \text{ м/хв} \quad (6.10)$$

де  $D$  - діаметр обробки, мм;

$n_o$  - дійсна частота обертання шпинделя, об/хв.

$$V_o = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 1250}{1000} = 117,81 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо силу різання  $P_z$ :

$$P_z = 10 \cdot C_{pz} \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н} \quad (6.11)$$

де  $C_p$  - коефіцієнт, що вказує на вплив матеріалу заготовки на силу різання;

$t, S, V$  - елементи режиму різання;

$x, y, n$  - показники степеня, що вказують на вплив елементів режиму різання на силу різання.

Значення коефіцієнту  $C_p$  і показників  $x, y, n$  визначаємо за таблицею 22, с.273.

$$C_p = 300, \quad x = 1.0, \quad y = 0.75, \quad n = -0.15.$$

$K_p$  - коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, в даному випадку залежить тільки від матеріалу оброблюємої заготовки.

$$K_p = K_{mp},$$

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення показника  $K_{mp}$  визначаємо за табл.9, с.264

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (6.12)$$

де  $\sigma_B$  - границя міцності на розтягування, для сталі 40Х  $\sigma_B = 590$  МПа;

$n$  - показник степеня,  $n = 0.75$ .

$$K_{mp} = \left( \frac{590}{750} \right)^{0.75} = 0,60$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,0^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 117,81^{-0,15} \cdot 0,60 = 928,509 \text{ Н}$$

8. Визначаємо потужність різання за формулою:

$$N_{риз} = \frac{P_z \cdot V_d}{60 \cdot 1020}, \text{ кВт} \quad (6.13)$$

$$N_{риз} = \frac{928,509 \cdot 117,81}{60 \cdot 1020} = 1,78 \text{ кВт}$$

8. Перевіряємо чи достатня потужність верстата:

Необхідно, щоб  $N_{риз} \leq N_{ун}$ . У верстата CFG46D

$$N_{ун} = N_d \cdot \eta, \quad N_{ун} = 7,5 \cdot 0,8 = 5,3 \text{ кВт},$$

$1,787 \leq 5,3$ , умова виконується, отже обробка можлива.

Визначаємо основний час :

$$T_{ol} = \frac{L}{n \cdot S_o}, \text{ хв} \quad (6.14)$$

де  $L$  - довжина робочого ходу, мм;

$$L = l + y + \Delta, \text{ мм} \quad (6.15)$$

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $l$  - довжина обробки,  $l = 24$  мм;

$\Delta$  - довжина перебігу,  $\Delta = 2$  мм

$y$  - довжина врізання,  $y = t \cdot \text{ctg} \varphi = 2 \text{ctg} 45^\circ = 2$  мм;

$$L = 24 + 2 + 2 = 28 \text{ мм}$$

$n$  - частота обертання шпинделя, об/хв.;

$S_o$  - подача, мм/об

$$T_{oi} = \frac{28}{1250 \cdot 0,5} = 0,045 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання для інших технологічних переходів по операції 025 Токарна з ЧПК поверхонь заносимо у таблицю 6.11

Таблиця 6.11 – Режими різання на токарній операції з ЧПК

Діаметр поверхні, мм	$t$ , мм	$S_o$ , мм/об	$V$ , м/хв	$n$ , об/хв	$T_o$ , хв
Ø25	2,5	0,5	94,25	1250	0,022
Ø26	2,5	0,5	98,18	1250	0,056
Ø29	2,5	0,5	109,96	1250	0,024
Ø31	2,0	0,5	117,81	1250	0,056
Ø41	1,2	0,5	116,28	930	0,019
Ø41	1,2	0,5	116,28	930	0,058
Ø64	1,0	0,8	128,65	650	0,079
Разом					0.314

Призначаємо режими різання на операцію 045.

На вертикально – фрезерному верстаті з ЧПК LCV-760 виконується фрезерування шпонкового пазу. Матеріал заготовки – сталь 40Х,  $\sigma_B = 590$  МПа. Охолодження – емульсія.

Розрахунок виконуємо за підручником [ 5 ].

6.1. Визначаємо глибину різання. В залежності від діаметра фрези, при знятті припуску за один прохід, глибина різання  $t=4$  мм.(табл. 38, с.286)

6.2. Призначаємо подачу на зуб (табл. 38, с.286). Враховуючи діаметр фрези і глибину різання приймаємо  $S_z = 0,12$  мм/зуб.

6.3. Призначаємо період стійкості фрези. При діаметрі фрези до 20 мм приймаємо  $T = 80$ хв. (табл. 40, с. 290).

6.4. Визначаємо швидкість головного руху різання, допустиму ріжучими властивостями фрези:

$$V_i = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v, \text{ м/хв} \quad (6.16)$$

де  $C_v$  - коефіцієнт, що вказує на вплив умов обробки на швидкість різання;

$D, T, t, S, B, z$  - елементи режиму різання;

$x, y, m$  - показники степеня, що враховують вплив елементів режиму різання на швидкість різання.

Значення коефіцієнту  $C_v$  і показників  $x, y, m$  визначаємо за таблицею 39, с.287.

$$C_v = 46,7, \quad q = 0,45, \quad x = 0,5, \quad y = 0,5, \quad u = 0,1, \quad p = 0,1, \quad m = 0,33$$

$K_v$  - корегуючий коефіцієнт.

Коефіцієнт  $K_v$  визначаємо за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{\varphi v}, \quad (6.17)$$

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47



де  $K_{mv}$  - коефіцієнт, що залежить від матеріалу заготовки;

Коефіцієнт  $K_{mv}$  визначаємо за таблицею 1, с. 261

$$K_{mv} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (6.18)$$

Показник степеня  $n_v$  і  $K_r$  визначаємо за таблицею 2, с. 262. к,  $K_r = 1.0$

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{590} \right)^{0,9} = 1,24$$

$K_{mv}$  - коефіцієнт, що залежить від глибини різання,  $K_{mv} = 1,0$ , таблиця 5, с. 263;

$K_{iv}$  - коефіцієнт, що залежить від стану поверхні,  $K_{iv} = 1,0$ , таблиця 6, с. 263;

$K_{\varphi v}$  - коефіцієнт, що залежить від марки інструментального матеріалу,  $K_{\varphi v} = 1.0u$ , таблиця 6, с. 263.

$$K_v = 1,24 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,24$$

$$V_i = \frac{46,7 \cdot 8^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 4^{0,5} \cdot 12^{0,5} \cdot 4^{0,1} \cdot 2^{0,1}} \cdot 1,24 = 40,3 \text{ м/хв.}$$

6.5. Визначаємо частоту обертання за формулою (6.10):

$$n = \frac{1000 \cdot 40,3}{3,14 \cdot 8} = 1604 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо знайдене значення  $n$  за паспортними даними верстата і встановлюємо дійсну частоту обертання шпинделя:  $n_0 = 1250 \text{ об/хв.}$

6.6. Визначаємо дійсні швидкості різання за формулою (6.11):

$$V_0 = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 1250}{1000} = 31 \text{ м/хв.}$$

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

6.7. Визначаємо швидкість руху подачі:

$$v_s = S_M = S_z \cdot z \cdot n_d, \text{ мм/хв} \quad (6.19)$$

де  $S_z$  - подача на зуб, об/зуб;

$n_d$  - дійсна частота обертання шпинделя, об/хв. ;

$z$  - кількість зубів

$$v_s = S_M = 0,12 \cdot 2 \cdot 1250 = 300 \text{ мм/хв.}$$

Коректуємо знайдене значення  $v_s$  за паспортними даними верстата і встановлюємо дійсну швидкість руху подачі:  $v_s = 300$  об/хв.

Визначаємо дійсне значення подачі на зуб фрези:

$$S_z = \frac{v_s}{z \cdot n_d}, \text{ мм/зуб} \quad ; \quad (6.20)$$

$$S_z = \frac{300}{2 \cdot 1250} = 0,12 \text{ мм/зуб}$$

$$P_z = \frac{9.81 \cdot C_{pz} \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_p, \text{ Н}$$

де  $C_p$  - коефіцієнт, що вказує на вплив матеріалу заготовки на силу різання;

$t, S, B, z, D, n$  - елементи режиму різання;

$x, y, u, q, w$  - показники степеня, що вказують на вплив елементів режиму різання на силу різання.

Значення коефіцієнту  $C_p$  і показників  $x, y, u, q, w$  визначаємо за таблицею 22, с.273.

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

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

$K_p$  - коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, в даному випадку залежить тільки від матеріалу оброблюваної заготовки.

$$K_p = K_{mp},$$

Значення показника  $K_{mp}$  визначаємо за таблицею 9, с.264

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

де  $\sigma_B$  - фактичний параметр, який характеризує оброблюваний матеріал, для якого визначаємо швидкість різання,  $\sigma_B = 590 \text{ МПа}$ ;

$n$  - показник степеня,  $n = 0,3$ .

$$K_{mp} = \left( \frac{1000}{750} \right)^{0,3} = 0,93$$

$$P_z = \frac{9,81 \cdot 68,2 \cdot 4^{0,86} \cdot 0,12^{0,72} \cdot 4^{1,0} \cdot 2}{8^{0,86} \cdot 1250^0} \cdot 0,93 = 603 \text{ Н}$$

6.8. Визначаємо потужність різання:

$$N_{риз} = \frac{P_z \cdot V_d}{60 \cdot 1020}, \text{ кВт} \quad (6.21)$$

$$N_{риз} = \frac{603 \cdot 31}{60 \cdot 1020} = 0,31 \text{ кВт}$$

8. Перевіряємо чи достатня потужність верстата:

Необхідно, щоб  $N_{риз} \leq N_{ун}$ . У верстата LCV-760

$$N_{ун} = N_d \cdot \eta, \quad N_{ун} = 7,5 \cdot 0,8 = 6 \text{ кВт},$$

$0,31 \leq 6$ , умова виконується, отже обробка можлива.

Визначаємо основний час за формулою:

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{o1} = \frac{L}{v_s} \cdot i, \text{ хв} \quad (6.22)$$

де  $L$  - довжина робочого ходу, мм;

$i$  - кількість проходів

Довжину робочого ходу фрези визначаємо за формулою:

$$L = l - 2 \cdot R, \text{ мм} \quad (6.23)$$

де  $l$  - довжина пазу, мм;

$R$  - радіус фрези, мм

$$L = 20 - 2 \cdot 4 = 12 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{12}{300} \cdot 1 = 0,04 \text{ хв.}$$

Таблиця 6.12 – Режими обробки на вертикально-фрезерній операції з ЧПК

Номер переходу	Елементи режимів різання							
	t, мм	S, мм/об	n, об/хв	V <sub>p</sub> , м/хв	V <sub>ф</sub> , м/хв	n <sub>ф</sub> , об/хв	N <sub>ф</sub> , кВт	S, мм/хв
Фрезерувати паз	4	0.12	1604	40,3	31	1250	0,31	300

## 6.6 Технічне нормування операцій

Виконуємо розрахунок норм часу на 025 операцію – токарну з ЧПК.

Для розрахунку користуємося нормативами

За додатком 8, лист 26 визначаємо допоміжний час:

$$T_{\text{доп}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{дод.пр}}, \text{ хв},$$

де  $t_{\text{уст}}$  - час на установку та зняття деталі, хв ;  $t_{\text{уст}} = 0,12$  хв

$t_{\text{опер}}$  - час на операцію, хв;  $t_{\text{опер}} = 0,25$  хв

$t_{\text{доп}}$  - час на додаткові витрати, які не ввійшли в комплекси, хв:

- час на підведення різців до деталі  $t_{\text{ніде}} = 0,07$  хв;
- час на переміщення каретки  $t_{\text{перем}} = 0,05$  хв;
- час на перемикання режимів різання 0,1;
- час на вимірювання  $t_{\text{вим}} = 0,06$  хв

$$t_{\text{дод.пр}} = 0,07 + 0,05 + 0,06 + 0,1 = 0,28 \text{ хв}$$

$$T_{\text{доп}} = 0,12 + 0,25 + 0,28 = 0,65 \text{ хв.}$$

Норму штучного часу визначаємо по формулі:

$$T_{\text{шт}} = (T_o + T_{\text{доп}}) \cdot \left( 1 + \frac{a_{\text{відп}} + a_{\text{обсл}}}{100} \right), \text{ хв}$$

де  $T_o$  – основний час, хв. ;

$T_{\text{доп}}$  – допоміжний час, хв.;

$a_{\text{відп}}, a_{\text{обсл}}$  - час на відпочинок та обслуговування, %

$$T_{\text{шт}} = (0,359 + 0,65) \cdot \left( 1 + \frac{4 + 4}{100} \right) = 1,09 \text{ хв.}$$

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Визначаємо підготовчо-заклучний час на наладку верстата, інструмента і пристосування.

$$T_{n-3} = t_1 + t_2, \text{ хв}$$

де  $t_1$  - час на ознайомлення з технологічною документацією, хв.,  $t_1 = 6,0$  хв.;

$t_2$  - час на наладку верстата, хв.,  $t_2 = 12,5$  хв.

$$T_{n-3} = 6,0 + 12,5 = 18,5 \text{ хв.}$$

Оскільки вал-шестерня виготовляється в умовах дрібносерійного виробництва, розраховуємо технічні норми штучно-калькуляційного часу.

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{п.з}}/n_{\text{зап}}, \text{ хв} \quad (6.24)$$

де  $T_{\text{шт}}$  – штучний час виконання операції;

$T_{\text{п.з}}$  – підготовчо-заклучний час;

$N_{\text{зап}}$  – кількість заготовок в партії запуску.

$$T_{\text{шт-к}} = 1,09 + \frac{18,5}{93} = 1,29 \text{ хв}$$

Виконуємо розрахунок норм часу на 045 операцію – вертикально – фрезерну з ЧПК.

Нормування полягає у визначенні штучно-калькуляційного часу по формулі:

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} + T_{\text{шт}}, \text{ хв}$$

де  $T_{\text{п.з.}}$  – підготовчо-заклучний час, хв

$$T_{\text{п.з.}} = T_{\text{п.з.1}} + T_{\text{п.з.2}} + T_{\text{п.з.3}}, \text{ хв}$$

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$T_{п.з.1}$  – час на установку в спеціальному пристосуванні  $T_{п.з. 1} = 16$  хв [7, прил. 6.5, с. 217]

$T_{п.з.2}$  – час на установку фрез,  $T_{п.з.2} = 2$  хв [7, прил. 6.7, с. 220]

$T_{п.з.3}$  – час на отримання і здачу інструменту,  $T_{п.з.3} = 7$  хв [7, прил. 7, с. 225]

$$T_{п.з.} = 16 + 2 + 7 = 25 \text{ хв.}$$

$n$  – кількість деталей в партії,  $n = 24$  шт

$T_o$  – основний час на обробку деталі (на фрезерній операції), хв.

$T_o = 0,78$  хв. ( визначено в п.5,4)

$T_d$  – допоміжний час

$$T_b = (T_{yc} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из}) \cdot K, \text{ хв}$$

$T_{yc}$  – час на установку і зняття деталі,  $T_{yc} = 0,11$  хв. [7, дод. 5.6, с. 199]

$T_{з.о}$  – час на закріплення і відкріплення деталі,  $T_{з.о} = 0,096$  хв. [7, дод.5.7,с. 202]

$T_{уп}$  – час на прийоми управління,  $T_{уп} = 0,05$  хв. [7, дод. 5.8, с. 202]

$T_{вим}$  – час на вимірювання деталі,  $T_{вим} = 0,28$  хв. [7, дод. 5.16, с. 209]

$K$  – коефіцієнт, що уточнює тип виробництва,  $K = 1,85$

$$T_b = (0,11+0,096+0,05+0,28)1,85 = 0,99 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час.

$$T_{ум} = (0,08 + 0,99) \cdot \left(1 + \frac{4+4}{100}\right) = 1,15 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час

$$T_{ш-к} = 1,15 + \frac{25}{93} = 1,42 \text{ хв}$$

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

## 7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ УСТАНОВЛЕННЯ І ЗАКРІПЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

### 7.1 Аналіз структури полів збурюючих сил (ПЗС)

Для визначення взаємного впливу поля збурюючих сил і поля врівноважуючих сил побудуємо графічну модель збурюючих сил у взаємозв'язку з прийнятою схемою базування і модель поля врівноважуючих сил, що створюються затискним механізмом.

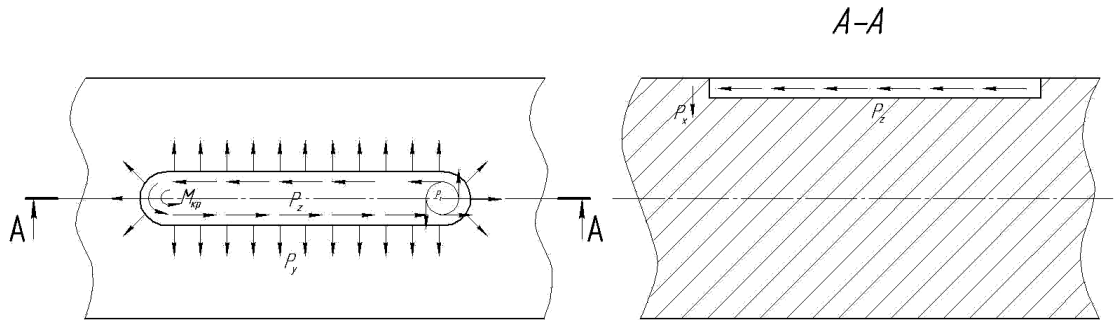


Рисунок 7.1 – Структура поля збурюючих сил по складових

### 7.2 Аналіз структури полів врівноважуючих сил (ПВС)

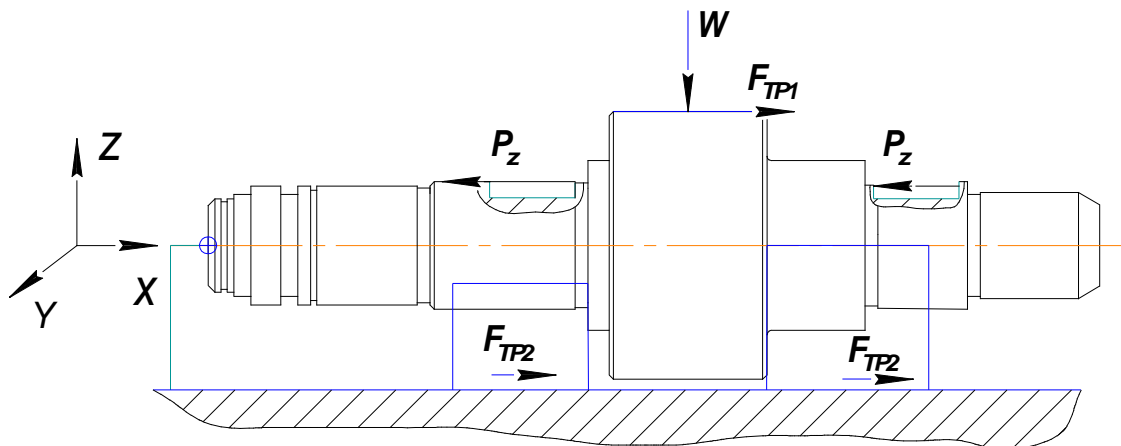


Рисунок 7.2 – Структура поля врівноважуючих сил, що створюються затискним механізмом



Силові потоки, що виникають при обробці, створюють напруження вигину на всій довжині валу.

Однак достатня маса заготовки і висока її жорстка характеристика, за рахунок застосування настановних елементів гасять це напруження і не викликають деформацій, що спотворюють заготовку. У таких умовах не виникає особливих вимог до структурної однорідності силових полів.

### 7.3 Розрахунок сил закріплення

Силу закріплення розраховуємо по формулі:

$$W = \frac{k}{f} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}, \text{Н} \quad (7.1)$$

Коефіцієнт тертя згідно [2, стор. 85]:  $f = 0,16$ .

Коефіцієнт запасу визначаємо по формулі:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6$$

Коефіцієнти знаходимо згідно [2, стор. 85]:

$$k_0 = 1,5, k_1 = 1, k_2 = 1,6, k_3 = 1,2, k_4 = 1,2, k_5 = 1,0, k_6 = 1,5.$$

Таким чином:

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 5,184.$$

Тоді сила закріплення дорівнює:

$$W = \frac{5,184}{0,16} \cdot \sin \frac{90}{2} \cdot \sqrt{314^2 + 211^2 + 603^2} = 16375,33 \text{Н}.$$

### 7.4 Розрахунок на міцність

Розраховуємо на міцність деталь шпилька, на яку нагвинчує гайка. Для того, щоб перевірити чи витримає шпилька навантаження, виконуємо розрахунок

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

шпильки на розтяг, визначимо її мінімальний діаметр. Матеріал шпильки - Сталь 45, межа текучості  $\sigma_b = 360 \text{ Н/мм}^2$  .[5, с.124]

На шпильку діє розтягуюча сила, яку визначаємо по формулі:

$$N = W - Q = 16375,33 - 8187,67 = 8187,67 \text{ Н} . \quad (7.2)$$

Напруження розтягу, що допускається, визначаємо по формулі:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_m}{2} = \frac{360}{2} = 180 \text{ Н / мм}^2 .$$

Визначаємо діаметр шпильки із умови міцності на розтяг:

$$\sigma_p = \frac{4N}{\pi \cdot d^2} \leq [\sigma] ,$$

$$\text{тоді } d = \sqrt{\frac{4 \cdot N}{\pi \cdot [\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8187,67}{3,14 \cdot 180}} = 7,61 \text{ мм} .$$

З урахуванням розрахованого діаметру і конструктивних міркувань приймаємо шпильку М10мм.

## 7.5 Обґрунтування вибору приводу

Визначення діаметру поршня.

Згідно силі закріплення  $W$ , визначаємо силу що виникає на штоку пневмоцилиндра по формулі:

$$Q = \frac{W}{2} = \frac{16375,33}{2} = 8187,67 \text{ Н} . \quad (7.3)$$

Іншим способом силу на штоку пневмоцилиндра визначаємо по формулі:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p \cdot \eta, \text{ Н} . \quad (7.4)$$

Тоді площа поршня буде рівна:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \text{ мм} \quad (7.5)$$

де  $D$  - діаметр поршня, мм;

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$Q = 8187,67 \text{ Н}$  – сила виникає на штоку;

$\delta = 0,63 \text{ МПа}$  – тиск, який діє на поршень;

$\eta = 0,9$  - ККД гідроциліндра.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 8187,67}{3,14 \cdot 0,63 \cdot 10^6 \cdot 0,9}} = 135,6 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 135,6 \text{ мм}$$

Вибираємо діаметр найближчого більшого стандартного значення поршня  
 $D = 160 \text{ мм}$ .

Робимо перерахунок сили, що виникає на штоку і сили закріплення.

Сила виникає на штоку:

$$Q = \frac{3,14 \cdot (160 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 0,63 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 11394,43 \approx 11395 \text{ Н}$$

Сила закріплення:

$$W = \frac{Q}{2} = \frac{11395}{2} \approx 5697,5 \text{ Н}$$

В умовах дрібносерійного виробництва для механізованого закріплення заготовки приймаємо пневматичний вид приводу. За допомогою цього виду приводу одержуємо постійну силу закріплення при циклах обробки, що повторюються. Це у свою чергу дає можливість враховувати похибку закріплення, при наладці верстата на обробку.

## 7.6 Точносні розрахунки пристрою

З інформаційної точки зору розрахунком допусків на виготовлення елементів пристрою є перетворення інформації про точність обробки поверхонь деталі на даній операції в точносні вимоги до пристрою.

Визначимо точносні параметри, тобто ті параметри, які більшою мірою впливають на досягнення заданих допусків оброблюваної деталі.

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

озрахунок пристрою виконуємо для найбільш точного розміру отриманого при обробці паза. Ширина паза розмір 8Н11(+0,09;0)мм.

Точносний розрахунок вироблюваний по формулі:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = T - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_{\sigma})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{\text{поз}}^2}, \text{мм}, \quad (7.6)$$

де  $T$  - найбільш жорсткий допуск на даний розмір ( $T = 90$  мкм);

$K_T$  - коефіцієнт, що враховує можливий відступ окремих складових від нормального закону розподілу випадкових величин ( $K_T = 1,2$ );

$K_{T1}$  - коефіцієнт, що враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування ( $K_{T1} = 0,85$ );

$\varepsilon_{\sigma}$  - похибки базування заготовки в пристрої, для виконання даного точносного параметра похибки базування не робить ніякого впливу, тому ( $\varepsilon_{\sigma} = 0$  мкм);

$\varepsilon_3$  - похибка закріплення, враховує зсув оброблюваної поверхні заготовки від дії затискної сили, для виконання даного точносного параметра похибки закріплення не робить ніякого впливу, тому ( $\varepsilon_3 = 0$  мкм);

$\varepsilon_y$  - похибка установки пристрою на верстаті, враховує зазори між настановними елементами пристрою і посадочними елементами верстата. В середньому ця величина складає ( $\varepsilon_y = 10$  мкм);

$\varepsilon_n$  - похибка перекосу інструменту, для виконання даного точносного параметра похибки перекосу не робить ніякого впливу, тому ( $\varepsilon_n = 0$  мкм);

$\varepsilon_u$  - похибка, що виникає в наслідку зносу настановних елементів пристрою.

Похибка зносу настановних елементів пристрою визначаємо по формулі згідно [4, стор. 21]:

$$\varepsilon_u = \beta_1 \cdot N^n, \quad (7.7)$$

де  $\beta_1 = 0,3$  - постійна;

$N = 800$  - число контактів заготовки з опорою;

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = 0,5;$$

$$\varepsilon_z = 0,3 \cdot 800^{0,5} = 8,5 \text{ мкм.}$$

де  $K_{T2}$  - коефіцієнт, що враховує вірогідність похибки обробки ( $K_{T2} = 0,6$ );

$\omega$  - допуск отриманого розміру для квалітету економічної точності IT10 конкретного методу обробки ( $\omega = 58 \text{ мкм}$ );

$\varepsilon_{\text{поз}}$  - похибка позиціонування ( $\varepsilon_{\text{поз}} = 0 \text{ мкм}$ ).

Таким чином

$$\varepsilon_{i\delta} = 90 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot 0)^2 + 0^2 + 10^2 + 0^2 + 8,5^2 + (0,6 \cdot 58)^2 + 0^2} = 90 - 44,6 = 45,4 \text{ мкм.}$$

Приймаємо допуск паралельності бічних поверхонь пазів шпонки, щодо осі валу  $T = 40 \text{ мкм}$ .

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

## ВИСНОВОК

У виконаній роботі був проведений аналіз службового призначення привода засувки ПЗ-1М і деталі – валу-шестерні 1288-02-0023.

Проведений аналіз технічних вимог на виготовлення деталі вал-шестерня 1288-02-0023, де проаналізований матеріал деталі, точність розмірів і шорсткості, пред'явленого до деталі.

Проведений аналіз на технологічність виготовлення деталі вал-шестерня 1288-02-0023, за багатьма показниками деталь технологічна.

За заданою програмою випуску виробів в рік визначений тип виробництва – дрібносерійний і описана форма його організації – групова.

Вибраний спосіб отримання заготовки – гаряча об'ємна штамповка на кривошипному гаряче штампувальному пресі (КГШП), розроблене креслення і технічні вимоги на її виготовлення.

Проведений аналіз технологічних операцій технологічного процесу. Для аналізу були узяті операції 025 і 045 – токарна з ЧПК і вертикально-фрезерна з ЧПК.

Обґрунтовані схема базування і закріплення заготовки, вибрані моделі верстатів – CFG46D, LCV-760, вибране верстатне пристосування, запропоновано спеціальне верстатне пристосування, підібрані ріжучий і вимірювальний інструменти, розраховані режими різання і норми часу на операцію. Розроблена технологічна документація.

Графічна частина складається з креслення заготовки та маршрутного технологічного процесу, карти наладки на токарно – гвинторізну операцію. Виконані комплект документації КТП і маршрутний технологічний процес.

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин и др.; Под общ. ред. В.Г. Сорокина – М.: Машиностроение, 1989, 640с

2. Методические указания к практическим занятиям «Определение типа производства и количества оборудования в механическом цехе по укрупненным показателям» по курсу «Проектирование механосборочных цехов» для студентов специальности 0501 дневной и вечерней форм обучения/Сост. В. Г. Евтухов, Д. Ф. Демьяник.-Харьков: ХПИ, 1987.-15 с.

3. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учеб. Пособие для машиностроит. спец. вузов].- 4-е изд., перераб. и доп.,- Мн.:Выш. Школа, 1983.-256 с., ил.

4. ГОСТ 7505-89 «Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски, издание официальное, Москва – 1990 г.

5. Справочник технолога-машиностроителя под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. Том 2 - 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985г., 656с.

6. Справочник технолога-машиностроителя под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. Том 1 - 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985г., 656с.

7.Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ, часть 2, Нормативы режимов резания», М.: Экономика, 1990, 472 с

8. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. - М.: Машиностроение, 1974. - 434 с.

9. А.У. Захаркин, В.Г. Евтухов «Методические указания для практических работ по курсам «Теоретические основы изготовления деталей и сборки машин» и «Технология машиностроения» для студентов направления 0902 «Инженерная механика» всех форм обучения.- Сумы изд. СумДУ 2004 г.- 75 с.».

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

10. Ю.И. Кузнецов, А.Р. Маслов, А.Н. Байков «Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник.-М.: Машиностроение, 1983.-359с., ил.».

11. Кушніров П. В. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Технологічна оснастка» [Текст] : П. В. Кушніров. – Суми: Вид-во Сум ДУ, 2009. – 52 с.

12. А.У. Захаркин, В.Г. Эвтухов «Методические указания для курсового проектирования по специальности для студентов, которые обучаются по образовательно – квалификационному уровню «Бакалавр» по направления 0902 «Инженерная механика» всех форм обучения.- Сумы изд. СумДУ 2006 г.- 24 с.».

13. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие для техникумов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 448 с.

14. Юдин, Е.Я. Охрана труда в машиностроении: Учебник для машиностроительных вузов/Е. Я. Юдин, С. В. Белов, С. К. Баланцев и др.; Под ред. Е. Я. Юдина, С. В. Белова — 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1983, 432.

					ТМ 17090069-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63