

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»**

*Факультет 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  
деталі Вал-Шестерня СНТ 00.00.36 Д**

Виконав: студент IV курсу, групи ТМ-61-8  
напряму підготовки (спеціальності)

*131 Прикладна механіка*

*(Технології машинобудування)*

(шифр і назва напряму підготовки,  
спеціальності)

*Лазарєв М. С.*

(прізвище та ініціали)

Керівник

*Нешта А. О.*

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

**Державний вищий навчальний заклад**

**«Сумський державний університет»**

Інститут, факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів  
Освітній рівень перший (бакалаврський)  
Напрямок підготовки \_\_\_\_\_  
Спеціальність \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
131 Прикладна механіка (Технології машинобудування)  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри технології  
машинобудування, верстатів та  
інструментів  
\_\_\_\_\_ Залога В. О.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 року

**ЗАВДАННЯ**

**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА**

Лазарев Максим Сергійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проектування технологічного процесу виготовлення  
деталі Вал-шестерня СНТ 00.00.36 ДВ

керівник проекту Нешта Анна Олександрівна, канд. техн. наук, асистент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «9» квітня 2020 року № 0523-III

2. Строк подання студентом проекту (роботи) «1» червня 2020 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) \_\_\_\_\_  
креслення деталі – «Вал-шестерня СНТ 00.00.36 ДВ».  
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

4.8 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

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>Технологічна частина</i>	<i>30.04.2020</i>	
2	<i>Охорона праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях</i>	<i>06.05.2020</i>	
3	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>13.05.2020</i>	
4	<i>Оформлення комплекту технологічної документації</i>	<i>17.05.2020</i>	
5	<i>Оформлення креслень</i>	<i>24.05.2020</i>	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

*М. С. Лазарєв*  
\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_ (підпис)

*А. О. Нешта*  
\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

**МІНСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Сумський державний університет  
Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.О. Залога

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ**

**ВАЛА-ШЕСТЕРНІ СНТ 00.00.36 ДВ**

Бакалаврська кваліфікаційна робота  
Спеціальність – 131 Прикладна механіка  
(Технології машинобудування)

Студент

*М. С. Лазарєв*

Керівник

*А. О. Нешта*

Нормоконтроль

*Ю. О. Денисенко*

## РЕФЕРАТ

Записка: 80 с., 10 рис., 18 табл., 10 літературних джерел.

Об'єкт роботи – деталь Вал-шестерня СНТ 00.00.36, яка входить до складу Затвору зворотного  $D_N 700 P_N 100$

Мета роботи – проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня СНТ 00.00.36».

В роботі виконано аналіз службового призначення виробу, вузла, деталі, аналіз технічних вимог, що пред'являються до деталі. Було визначено тип виробництва – середньосерійний. Виконано аналіз технологічності конструкції деталі. За допомогою техніко-прогресивного обґрунтування обраний раціональний метод отримання заготовки.

На прикладі двох механічних операцій: токарної з ЧПК і зубофрезерної було проаналізовано існуючий технологічний процес виготовлення деталі, а саме: обґрунтування вибору схеми базування і закріплення заготовки, вибір металорізального обладнання, верстатного пристрою, ріжучого та вимірювального інструмента. Визначено режими обробки. Виконано технічне нормування операції.

У графічній частині роботи виконані креслення заготовки, верстатного пристрою і маршрутного технологічного процесу механічної обробки заготовки, операційної наладки на операцію 070 зубофрезерна. Представлено комплект технологічної документації на картах КТП.

Розглянуто небезпечні зони устаткування, класифікація та призначення засобів захисту .

ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ, ЗАТВОР ЗВОРОТНИЙ, ШТАМПОВКА,  
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ

## ЗМІСТ

	с.
Вступ.....	5
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	6
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі .....	11
3 Визначення типу виробництва та форми його організації .....	15
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	20
5 Вибір способу одержання заготовки та розробка технічних вимог до неї .....	22
6 Аналіз технологічної операції існуючого чи типового технологічного процесу .....	26
6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку .....	26
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки .....	33
6.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата .....	37
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів .....	39
6.5 Розрахунок режимів різання .....	41
6.6. Технічне нормування операції.....	50
7 Проектування верстатного пристрою .....	55
8. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	73
Висновок .....	79
Перелік джерел посилання .....	80
Додаток А.....	82
Додаток Б .....	83
Додаток В.....	84

					ТМ 18510228–00 ПЗ						
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня СНТ 00.00.36 ДВ»			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>	
<i>Розроб.</i>		Лазарев М.С.								4	84
<i>Перевір.</i>		Нешта А.О.									
<i>Реценз.</i>											
<i>Н. Контр.</i>											
<i>Затверд.</i>					СумДУ, ТМ-61-8						

## ВСТУП

Машинобудування є однією з провідних галузей промисловості. Це пов'язано з тим, що всі процеси пов'язані з машинобудуванням. Машинобудування характеризує промисловий розвиток країни і робить великий внесок, пов'язаний зі створенням матеріальної бази суспільства. До його розвитку завжди надавалося і надається першорядне значення.

Технологія машинобудування - це галузь науки, яка займається вивченням, удосконаленням виготовлення машин необхідної якості, покращенням технологічних процесів їх виготовлення, у встановленій виробничою програмою кількості і в задані строки при найменшій собівартості.

В даний час помічається швидке і багаторазове ускладнення машин, об'єднання їх у великі комплекси, зменшення їх металоємності і підвищенням їх силової та електричної напруженості. З підвищенням зносостійкості деталей машин зменшуюються витрати матеріалів на їх виготовлення, зменшується кількість працівників і трудомісткість при експлуатації, технічному обслуговуванні та ремонті. Розробляються способи оптимізації технологічних процесів, спрямованих на досягнення необхідної точності, продуктивності та економічності виготовлення при забезпеченні високих експлуатаційних якостей та надійності роботи машини.

Створюються і розвиваються системи автоматизованого управління ходом технологічного процесу з його оптимізацією за всіма основними параметрами виготовлення і необхідним експлуатаційним якостям. Розгортаються роботи по створенню гнучких автоматизованих виробничих систем на основі використання ЕОМ, автоматизації міжопераційного транспорту та контролю і робототехніки.

Вивчення технології машинобудування не може обійтись без знань таких дисциплін, як теорія різання, матеріалознавство, металорізальні верстати та інструменти, та ін. Розгляд всіх питань, пов'язаних з машинобудуванням без використання цих дисциплін взагалі неможливо.

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

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

Затвор зворотний  $D_N 700 P_N 100$  призначений для запобігання зворотного потоку середовища (рідина, газу) і забезпечення безпечної роботи устаткування і обслуговуючого персоналу. Затвор пропускає потік рідини (газу) в одному напрямку і запобігає її рух в протилежному, діючи при цьому автоматично. За допомогою затвора зворотного можливо захистити різне обладнання, трубопроводи, насоси, збільшити тривалість роботи обладнання, а також істотно обмежити витікання робочого середовища з системи при руйнуванні її ділянки [1].

Після стискання пружини і відкриття запірнього елемента вода починає вільно переміщатися через зворотний клапан в потрібному напрямку.

Якщо рівень тиску робочого потоку рідини в трубопроводі падає або вода починає рухатися не в тому напрямку, пружинний механізм клапана повертає запірний елемент в закритий стан.

Установка затвора проводиться як на горизонтальних надземних і підземних ділянках трубопроводів.

Затвор виготовляється в кліматичному виконанні УХЛ1 (для районів з помірним і холодним кліматом) за умовами ГОСТ 15150-69.

Затвор за умовами монтажу виконаний з патрубками під приварення. Оброблення кромки приєднаних патрубків затвора виконується під конкретну трубу, зазначену в паспорті на виріб. Затвор герметичний по відношенню до зовнішнього середовища.

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6



Таблиця 1.1 – Технічні характеристики затвору зворотнього D<sub>N</sub> 700 P<sub>N</sub> 100:

Назва технічних характеристик	Показники
1. Діаметр номінальний, D <sub>N</sub> , мм	700
2. Тиск номінальний, P <sub>N</sub> , МПа	100
3. Робоче середовище	природний газ
4. Швидкість робочого середовища, м/с	5...20
5. Температура робочого середовища, К (°С)	213...353 (-60...80)
6. Температура навколишнього середовища, К (°С)	213...318 (-60...40)
7. Гідравлічні втрати в затворі на номінальному режимі (швидкість робочого середовища - 10 м/с, тиск 7,5 МПа, температура 50 °С), МПа, не більше	0,01
8. Протікання через запірний диск затвора при односторонньому перепаді тиску 8,0 МПа з боку зворотного потоку робочого середовища (при випробуванні водою), см <sup>3</sup> /хв, не більше	20
9. Кут повороту запірного диска, °, не більше	84
10. Зусилля здвигу запірного диска, кгс, не більше	30
11. Маса затвора, кг, не більше	3100
12. Матеріал основних виробів	Сталь 09Г2С

Затвор складається з наступних основних одиниць і деталей:

- 1 – корпус 1;
- 2 – кришок 4 і 6;
- 3 – пристрою запірного 2;
- 4 – трубопроводу 19;
- 5 – демпфера 9;
- 6 – вала торсіонного 16.

Корпус затвора 1 виконаний суцільнозварним і служить для розміщення основних складальних одиниць, що входять до складу затвора, у верхній частині корпусу виконаний люк, що закривається кришками 4 і 6.

В люку виконаний отвір, заглушений пробкою 15, який служить для стравлювання тиску газу з порожнини, розташованої між кільцями

						Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ТМ 18510228-00 ПЗ

ущільнювачів 14 кришки 6. Зовні на фланцях, прикріплених до корпусу, встановлені демпфери 9.

У нижній частині корпусу виконаний отвір для зливу конденсату і води після гідровипробувань, яке глушиться пробкою 7. Опорою корпусу служить піддон 17.

Кришка люка 6 являє собою деталь сферичної форми, у верхній частині якої приварені дві стропувальні сержки, а також виконаний отвір для заглушення пробкою 11. Ущільнення кришки відносно корпусу 1 здійснюється за допомогою кілець ущільнювачів 14.

Пристрій запірний 2 служить для запобігання зворотного потоку робочого середовища і складається з наступних основних складальних одиниць і деталей:

- 1 – фланця 6;
- 2 – важеля 4;
- 3 – диска запірного 3;
- 4 – вала 10;
- 5 – опори 11.

Фланець 6 являє собою деталь циліндричної форми на якій розташовані всі деталі, що входять до складу запірного пристрою.

У верхній частині фланця 6 розташована опора 11, в підшипниках ковзання якої встановлений вал 10, з'єднаний з важелем 4 за допомогою шліцевого з'єднання. На кінцях валу 10 виконані шліци.

Фіксація запірного диска від проворота відносно важеля 4 здійснюється за допомогою двох шпильок 2, вкручених в бобишки диска і проходять через отвори, виконані в ребрах важеля, і гайок 1.

Запірний диск 3, який є робочим органом затвора, являє собою деталь сегментної форми.

У нижній частині диска встановлено крило 5, а також упор 16 з амортизуючою накладкою 17. З'єднання запірного диска і важеля 4 здійснюється за допомогою сферичного шарніра. На диску приварені 4 стропувальні сержки.

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Демпфер 9 призначений для зменшення ударних навантажень на корпус затвора при спрацьовуванні запірною диска. Демпфіруючим середовищем є транспортувальний природний газ. Демпфер складається з наступних основних складальних одиниць і деталей:

- 1 – кришки 6;
- 2 – корпусу 3;
- 3 – перегородки 10;
- 4 – лопатей 8.

Корпус 3 суцільнозварний, всередині якого встановлені дві нерухомо закріплені перегородки 10 і обертається втулка 12 з діаметрально розташованими на ній лопатями 8.

Забезпечення мінімального зазору між обертовими лопатями і корпусом, втулкою і перегородками здійснюється за допомогою пружних ущільнень 7 і 11.

Герметичність демпфера щодо зовнішнього середовища здійснюється за допомогою кільця ущільнювача 2.

З торця на демпфер встановлюється захисний кожух 25, на якому є напис "Відкриваючи, переконайся у відсутності тиску".

Трубопроводи 19 призначені для підведення транспортується робочого середовища у внутрішню порожнину демпферів. При відсутності робочого середовища запірний диск знаходиться в закритому положенні під дією власної маси.

Наявність потоку робочого середовища призводить до його відкриття. При цьому крутний момент, що виникає на валу запірною пристрою 2, передається на втулки демпферів 9 за допомогою муфт 23 і торсіонних валів.

При зниженні швидкості потоку робочого середовища або виникнення зворотного потоку газу запірний диск закривається і замикає прохідний перетин затвора. При цьому зменшення ударних навантажень на корпус затвора забезпечується за рахунок стиснення газу, що знаходиться в робочій порожнині корпусу демпфера.

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ТМ 18510228-00 ПЗ

У процесі складання необхідно виконувати наступні роботи:

- зробити змащення сполучених поверхонь, що труться, з'єднань деталей, вузлів і ущільнюючих гумових кілець 14 мастилом ЦИА ТИМ-221;
- не допускати механічних пошкоджень ущільнювачами та направляючих поверхонь;
- ретельно виробляти затяжку і контровку кріплення вузлів і деталей затвора. Момент затяжки – 0...15 Н/м.

Одним з найголовніших елементів затвора зворотного  $D_N 700 P_N 100$ , це Вал-шестерня.

Службове призначення Вала-шестерні у виробі Затвор зворотний. Вал-шестерня знаходиться у запірному пристрої і призначений для з'єднання ричага з корпусом шляхом шліцьового з'єднання. Вал закріплюється в підшипниках ковзання на опорі. Завдяки цьому з'єднанню запірний пристрій запобігає зворотному потоку робочого середовища.

Поверхні деталі призначені:

- базування за поверхнями  $\varnothing 105f7$  в підшипниках ковзання, розміщених в опорах затвора;
- базування за шліцями d-20x112a11x125e8x9h9 важеля;
- зубчаті поверхні призначені для передачі крутного моменту;

У вузлі Вал-шестерня позбавляється 6-ти ступенів вільності, мають місце три технологічні бази: подвійна напрямна база, якою являються зовнішні циліндричні поверхні  $\varnothing 105f7$  – позбавляє 4-ьох ступенів вільності; опорна база, торці  $\varnothing 80h11$  – одного ступеня вільності; опорна база, зубчасті вінці – одного ступеня вільності.

В процесі роботи Вал-шестерня зазнає значних контактних навантажень.

									Лист
									10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ТМ 18510228-00 ПЗ

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Технічні вимоги на виготовлення деталі визначаються її службовим призначенням. В цілому оформлення креслення Вал-шестерня відповідає загальноприйнятим стандартам. На кресленні зображений один поздовжній вид деталі, що є цілком достатнім для тіл обертання. Додатково на кресленні вказано один переріз і один виносний елемент. Проставлені технічні вимоги за стандартами: ГОСТ 2.109–73, ГОСТ 2.305–68, ГОСТ 2.307–68.

Розстановка розмірів, їх допусків, точності форми і взаємного розташування поверхонь, шорсткості – вірна, і дає повне уявлення про конфігурацію розглянутої деталі.

Деталь Вал-шестерня являє собою тіло обертання з відношенням  $l/d=620/125=4,96$ . Найбільш точними поверхнями деталі є зовнішні циліндричні поверхні  $\varnothing 125e8$ , зовнішні циліндричні поверхні  $\varnothing 105f7$ . Найбільш високу шорсткість мають циліндричні поверхні  $\varnothing 105f7$  – Ra 0,8 мкм.

Отже, деталь Вал-шестерня відноситься до типу деталей – вали. Цей вал цілісний, ступінчастий, жорсткий.

Деталь Вал-шестерня представлена на рисунку 2.1.

Матеріал деталі – конструкційна сталь 38ХА ГОСТ 4543-71.

Призначення – виготовлення черв'яків, зубчатих колеїс, шестерень, валів, осей, шатунних болтів та ін.

Хімічний склад і механічні властивості сталі представлені в таблиці 2.1 і таблиці 2.2 відповідно [2].

										Лист
										11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 18510228-00 ПЗ

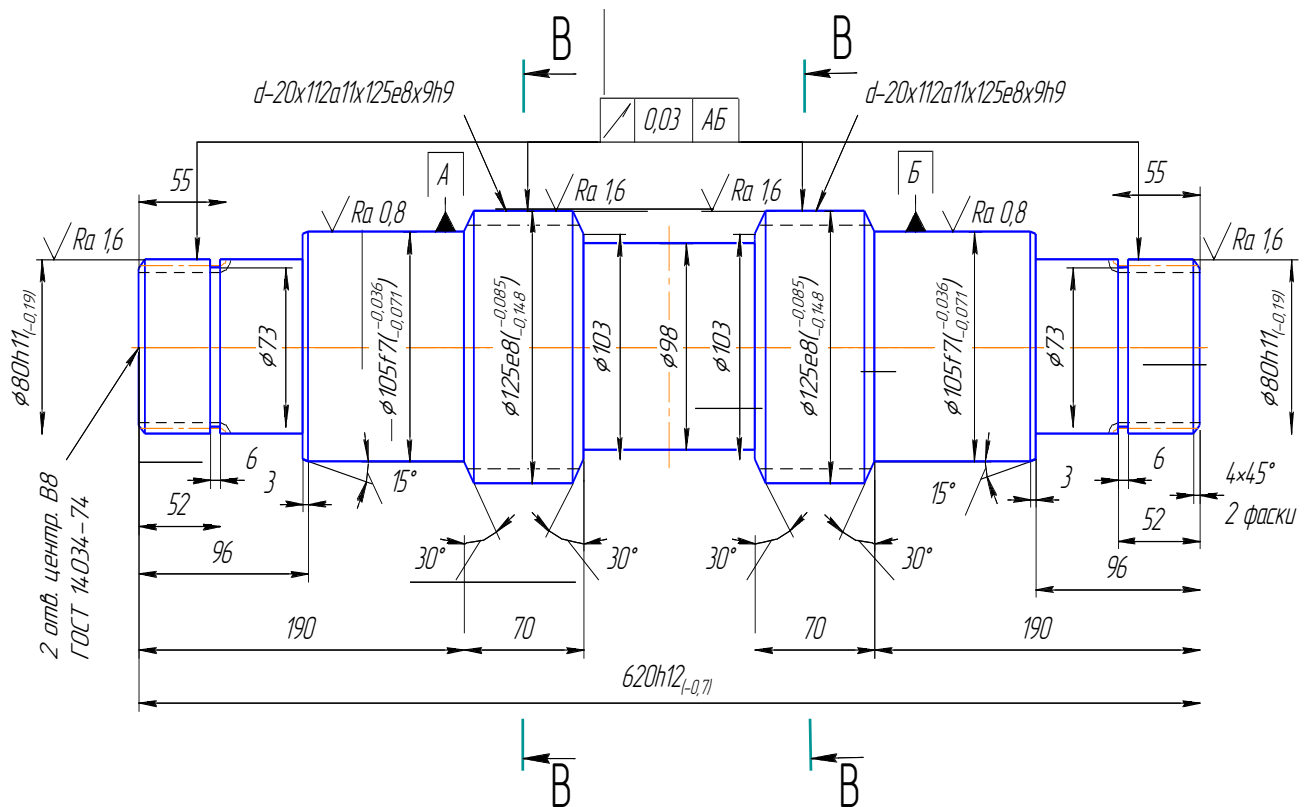


Рисунок 2.1 – Деталь Вал-шестерня

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 38ХА, у відсотках

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni
				не більше			
0,35...0,42	0,17...0,37	0,50...0,80	0,80...1,10	0,025	0,025	0,30	0,30

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 38ХА

Термообробка	Переріз, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
		МПа		%			
		не менше					
Нормалізація	500-800	245	470	15	30	34	143-179
	300-500	275	530	15	32	29	156-197
Гартування, відпуск	500-800	275	530	13	30	29	156-197
Нормалізація	До 100	315	570	17	38	39	167-207
	100-300			14	35		

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

ТМ 18510228-00 ПЗ

Лист

12

Продовження таблиці 2.2

Термообробка	Переріз, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
		МПа		%			
		не менше					
Гартування, відпуск	300-500 500-800	315	570	12 11	30	29	167-207
Нормалізація	До 100 100-300 300-500	345 345	590	18 17 14	45 40 38	59 54 49	174-217
Гартування, відпуск	До 100 100-300 300-500	395	615	17 15 13	45 40 35	59 54 49	187-229
	До 100 100-300	440	635	16 14	45 40	59 54	197-235
	До 100 100-300	490	655	16 13	45 40	59 54	212-248

Технологічні властивості сталі 38ХА за [2]:

Температура кування, °С: початку 1240°, кінця 780°.

Зварюваність – важкозварювальна, рекомендується зварювання плавленням з попереднім підгрівом і наступною термообробкою.

Обробка різанням –  $\sigma_B=930$  МПа,  $K_{V \text{ тв. спл}}=0,7$ ;  $K_{V \text{ б. ст}}=0,8$ .

Флокеночутливість – чутлива.

Схильність до відпускнуї крихкості – схильна.

На кресленні присутні допуски радіального биття відносно поверхонь А і Б – 0,03 мм. Виконання даних допусків дозволить точно розташувати Вал-шестерню в корпусі і точно збазувати ричаг на валу. Недотримання вимоги призведе до перекосу та відповідно – заїдання вала, збільшення навантаження на підшипникові вузли з послідуочим розбиттям підшипників.

Особливих вимог до твердості деталі немає, до поверхонь задана твердість НВ 167...207.

Шорсткість поверхонь забезпечуємо правильним підбором режимів різання, правильної геометрії інструменту, змащувально-охолоджувальною рідиною, а також жорсткістю технологічної системи (верстат, пристосування, інструмент, деталь). Найбільший вплив на висоту мікронерівностей має подача. Тому обрану подачу перевіряємо по можливості досягнення необхідної шорсткості поверхні. Найбільш точну шорсткість мають зовнішні циліндричні поверхні  $\varnothing 105f7 - Ra 0,8$  мкм. Недотримання вимог шорсткості тягне за собою похибку установки деталей розміщених на валу.

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14



### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ЙОГО ОРГАНІЗАЦІЇ

Тип виробництва – це сумарна характеристика технологічних, організаційних та економічних особливостей машинобудівного виробництва, обумовлена його спеціалізацією, обсягом і сталістю номенклатури виробів, а також формою руху виробів по робочих місцях.

Тип виробництва визначається коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{з.о.}$ , який дорівнює відношенню всіх різних операцій, виконуваних підрозділом протягом місяця, до числа робочих місць.

Виконаємо розрахунок  $K_{з.о.}$  за [3] з урахуванням таких вихідних даних:

- річний обсяг випуску деталей –  $N_p = 1000$  шт.;
- усереднене значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання –  $\eta_{з.н.} = 0,75$ ;
- кількість механічних операцій базового технологічного процесу – 9;
- штучний час обробки деталі за операціями  $T_{шт}$  – беремо відповідно до норм за базовим технологічним процесом (див. таблицю 3.1);
- режим роботи підприємства – у 2 зміни;
- дійсний річний фонд часу роботи обладнання –  $F_d = 4015$  год.

Коефіцієнт закріплення операцій розраховується за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} \quad (3.1)$$

де  $O$  – кількість операцій, виконуваних на даному робочому місці;

$P$  – кількість робочих на кожній операції.

Виконаємо розрахунок необхідної кількості обладнання за формулою:

$$m_p = \frac{N_{год} \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}} \quad (3.2)$$

де  $\eta_{з.н.}$  – усереднене значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання за [4, с. 20],  $\eta_{з.н.} = 0,75$ .

									Лист
									15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Таблиця 3.1 – Визначення типу виробництва

№ операції	Найменування операції	$T_{шт, хв}$	$m_p$	$P$	$\eta_{з.ф}$	$O$
1	Фрезерно-центрувальна	5,78	0,0319	1	0,0319	23,51
2	Токарно-гвинторізна	4,59	0,025	1	0,025	30
3	Токарно-гвинторізна	5,34	0,029	1	0,029	25,86
4	Токарна з ЧПК	6,33	0,035	1	0,035	21,43
5	Токарна з ЧПК	6,33	0,035	1	0,035	21,43
6	Зубофрезерна	9,97	0,055	1	0,055	13,64
7	Зубофрезерна	9,97	0,055	1	0,055	13,64
8	Зубофрезерна	15,81	0,087	1	0,087	8,62
9	Круглошліфувальна	7,35	0,040	1	0,040	18,75
Сума:				9		162,81

Кількість робочих на кожній операції обираємо:

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = 1 \text{ осіб.}$$

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця по кожній операції визначимо за формулою:

$$\eta_{з.ф.} = m_p / P \quad (3.3)$$

Кількість операцій, виконуваних на даному робочому місці, визначимо за формулою:

$$O = \eta_{з.н.} / \eta_{з.ф.} \quad (3.4)$$

В результаті коефіцієнт закріплення операцій за формулою (3.1) дорівнюватиме:

$$K_{з.о.} = \frac{162,81}{9} = 18,1$$

Таким чином умова ( $10 < K_{з.о.} < 20$ ) виконується, що відповідає середньосерійному типу виробництва.

Визначимо кількість деталей в партії для одночасного запуску у виробництво за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \quad (3.5)$$

де  $N$  – річна програма, шт.;

$a$  – періодичність запуску в днях (рекомендовано періодичність 3,6,12,24 дні).

Призначаємо 6 днів.

$$n = \frac{1000 \cdot 12}{254} = 47,24 \approx 50 \text{ шт}$$

Цей тип виробництва характеризується обмеженою номенклатурою продукції, що випускається, при цьому вироби кожного найменування випускаються певними партіями, що повторюються через певні відрізки часу.

Серійне виробництво займає проміжне положення між одиничним і масовим виробництвом. При серійному виробництві деталі виготовляються партіями, що складаються з однойменних, однотипних за конструкцією і однакових за розмірами виробів, що запускаються у виробництві одночасно. Основним принципом цього виду виробництва є виготовлення всієї партії (серії) цілком як в обробці деталей, так і в складанні.

У серійному виробництві залежно від кількості виробів у серії, їх характеру і трудомісткості, частоти повторюваності серії протягом року розрізняють виробництво дрібносерійне, середньосерійне і великосерійне.

Серійне виробництво характеризується тим, що за кожним робочим місцем закріплено від 11 до 20 операцій. Характерно широке використання верстатів з ЧПК, пов'язаних транспортними пристроями і керовані засобами ЕОМ.

Середньосерійне виробництво є найбільш поширеним типом виробництва. На машинобудівних підприємствах середньосерійного типу виробництва виготовляється досить велика номенклатура виробів, хоча й більш обмежена ніж

в одиничному виробництві. Частина виробів є спорідненими конструктивно-технологічними ознаками.

Іншою ознакою середньосерійного виробництва є повторюваність випуску виробів. Це дозволяє організувати випуск продукції більш-менш ритмічно. Випуск виробів у великих або відносно великих кількостях дозволяє проводити значну уніфікацію виробів і технологічних процесів; виготовляти стандартні або нормалізовані деталі, що входять до конструктивні ряди, великими партіями, що зменшує їх собівартість

Відносно великі розміри програм випуску однотипних виробів, стабільність конструкції, уніфікація деталей дозволяють використовувати для їх виготовлення разом з універсальним спеціальне високопродуктивне обладнання та спеціальне оснащення.

Оскільки в серійному виробництві випуск виробів повторюється, економічно доцільно розробляти технологічні процеси обробки і збірки детально; представляти кожну операцію у вигляді переходів; встановлювати режими обробки, точні назви верстатів і спеціального оснащення і технічні норми часу.

Організація праці в серійному виробництві відрізняється високою спеціалізацією. За кожним робочим місцем закріплюється виконання декількох певних детапеоерацій. Це дозволяє робітникові добре освоїти інструмент, пристосування і весь процес обробки; набути навичок і вдосконалити прийоми обробки. Так як в серійному виробництві застосовується велика кількість складного обладнання та спеціального оснащення, налагодження устаткування здійснюється спеціальними робочими-наладчиками.

Особливості серійного виробництва обумовлюють економічну доцільність випуску продукції по циклічно повторюється графіком. При цьому виникають необхідні умови для встановлення суворого порядку чергування виробів в цехах, на виробничих ділянках і робочих місцях. Технологічне оснащення в основному універсальна. Великого поширення набули універсальні збірні переналагоджувані пристосування, що дозволяють істотно підвищити коефіцієнт

									Лист
									18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ТМ 18510228-00 ПЗ



## 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Один із факторів, який значно впливає на характер технологічного процесу, є технологічність конструкції машини та її деталей. Технологічністю називають сукупність властивостей конструкції, які визначають можливість досягнення оптимальних матеріальних затрат при виробництві, експлуатації та ремонті для заданих показників якості та умов виконання роботи ГОСТ 14.205 – 83.

Оцінку технологічності конструкції проводимо по якісним показникам. Якісна оцінка проводиться на етапі вивчення конструкції деталі та технологічних вимог на виготовлення та прийом.

Деталь «Вал-шестерня», відноситься до тіл обертання, виготовляється із Сталі 38ХА ГОСТ 4543-71. Проаналізувавши матеріал, використаний для виготовлення деталі, то він добре піддається лезовій обробці. В якості заміників даної марки сталі можна використовувати наступні марки сталей: Сталь 40Х, 35Х, 40ХН.

Маса готової деталі становить 37,6 кг, тому на механічних операціях треба застосовувати допоміжні підйомні механізми (кран-балки, мостові крани), що збільшує допоміжний час та відповідно собівартість готової деталі. За масою деталь технологічна. Габарити деталі дорівнюють  $\varnothing 125 \times 620$  мм. Розміри робочої зони для обробки такої деталі повинні бути великі, так як застосовуване обладнання має великі габарити. Обладнання нормальної точності, тому його обслуговування має не велику вартість.

Креслення деталі виконане відповідно до ГОСТу, на ньому вказана достатня кількість видів і розрізів. Креслення можна прочитати без ускладнень. По даному пункту деталь технологічна [6,7,8].

Деталь «Вал» має як точні поверхні 6-9 квалітети із шорсткістю Ra 0,8-3,2 мкм, так і грубі квалітети 14 із шорсткістю Ra 12,5, тому для забезпечення відповідної якості потрібна відповідна кількість операцій. Все це відбивається на собівартості виробу в цілому. Допуски радіального биття досягаються завдяки принципам сумісності і постійності баз. Для отримання даних вимог треба

										Лист
										20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 18510228-00 ПЗ

використовувати точне чистове обладнання, достатню кількість операцій та переходів (чорнові та чистові), відповідні режими різання та технологічну оснастку. Вартість готової деталі збільшиться, тому що буде використовуватися точне обладнання, технологічна оснастка (вимірювальний інструмент та пристосування).

З точки зору зручності базування дана деталь є не технологічною, так як необхідне застосування спеціальних пристроїв на певних стадіях обробки.

До нетехнологічних конструктивних елементів даної деталі можна віднести фаски  $3 \times 15^\circ$  і під  $30^\circ$  (отримують за допомогою верстатів з ЧПК) і зубчаті поверхні (обробляються черв'ячними фрезами з використанням спеціальних поворотних пристроїв).

З аналізу деталі на технологічність можна зробити висновок, що для заданого типу виробництва вона технологічна, хоча має деякі нетехнологічні елементи, але їх можна отримати за допомогою спеціального устаткування, пристосувань і різального інструменту.

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

## 5 ВИБІР СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Основною умовою раціональної технології є максимальне приближення форми та розмірів заготовки до форми готової деталі. Основними методами утворення форми заготовок або їх основних поверхонь являються лиття, обробка тиском, формування, обробка різанням, наплавлення, металізація, напилювання, заливка рідким металом [9].

В базовому технологічному процесі виготовлення деталі Вал-шестерня заготовка отримана поковкою кованою на молотах.

Переваги ковки:

- можливість виготовлення великогабаритних поковок масою до 300 ... 400 т при використанні порівняно малопотужного обладнання (мінімальна маса – кілька десятків грам);
- застосування універсального устаткування і оснащення дозволяють отримати поковки широкого асортименту;
- поліпшується якість металу, його механічні властивості (пластичність, ударна в'язкість).

Недоліки ковки:

- низька продуктивність;
- великі припуски, допуски, напуски, що призводять до збільшеного об'єму механічної обробки.

Залежно від матеріалу деталі, типу виробництва, розмірів і конфігурації деталі пропонується метод отримання заготовки: штамповка на горизонтально-кувальній машині (ГКМ).

Переваги штамповки на ГКМ:

- можливість штампування поковок без обля, що виключає необхідність застосування обрізного преса;

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22



– відсутність штампувальних ухилів на зовнішній поверхні поковки, що дозволяє підвищити коефіцієнт вагової точності (КВТ) і коефіцієнт використання металу (КВМ) при штампуванні;

– виконання робочих інструментів у вигляді вставок в штампах дозволяє підвищити стійкість зношування, а також їх швидку заміну, що зменшує вартість інструменту і всього штампа в цілому;

– можливість виконувати штампування як з мірних заготовок, так і з прутка, що дозволяє зменшити витрати металу.

Недоліки штамповки на ГKM:

- необхідність застосування прокату підвищеної точності;
- обмежене число форм поковок (циліндричні);
- відносно низька стійкість ставок штампа;
- необхідність очищення проката від окалини;
- відносно висока вартість машини (в 1,5 рази дорожче КГШП аналогічної потужності).

Для визначення припусків табличним способом проводяться такі розрахунки за [10]:

Клас точності поковки – Т4.

Група сталі – М2.

Коефіцієнт для визначення орієнтовної маси поковки  $K_p=1,3$ .

Орієнтовна (розрахункова) маса поковки визначається за формулою:

$$m_3^p = m_d \cdot K_p \quad (5.1)$$

$$m_3^p = 37,6 \cdot 1,3 = 48,9 \text{ кг.}$$

Для визначення ступеня складності необхідно визначити відношення маси  $G_{II}$  поковки до маси  $G_{\Phi}$  геометричної фігури.

Маса геометричної фігури (циліндра) визначається за формулою:

									Лист
									23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$G_{\phi} = \rho \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H \quad (5.2)$$

де D – діаметр циліндра (найбільший діаметр деталі), D = 0,125 м;

H – висота циліндра (довжина деталі), H = 0,620 м.

$$D = 125 \cdot 1,05 = 131 \text{ мм.}$$

$$H = 620 \cdot 1,05 = 651 \text{ мм.}$$

$$G_{\phi} = 7850 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,131^2}{4} \cdot 0,651 = 68,8 \text{ кг.}$$

Тоді відношення фігур  $G_{\Pi}/G_{\phi}=48,9/68,8=0,71$ .

Ступінь складності – С1.

Вихідний індекс – 15.

Конфігурація поверхні рознімання штампа – П (плоска).

Знаючи вихідний індекс, розміри поверхонь і параметр шорсткості Ra, який необхідно досягти після механічної обробки, визначаються основні припуски на механічну обробку, допуски і допустимі відхилення лінійних розмірів та допустимі припуски.

Основні припуски на розміри, мм:

діаметр 80 мм і чистота поверхні 1,6 мкм – 2,3

діаметр 80 мм і чистота поверхні 1,6 мкм – 2,3

діаметр 105 мм і чистота поверхні 0,8 мкм – 2,7

діаметр 105 мм і чистота поверхні 0,8 мкм – 2,7

діаметр 125 мм і чистота поверхні 1,6 мкм – 2,5

діаметр 125 мм і чистота поверхні 1,6 мкм – 2,5

діаметр 98 мм і чистота поверхні 12,5 мкм – 1,9

довжина 96 мм і чистота поверхні 12,5 мкм – 1,9

довжина 96 мм і чистота поверхні 12,5 мкм – 1,9

довжина 190 мм і чистота поверхні 12,5 мкм – 2,2

довжина 190 мм і чистота поверхні 12,5 мкм – 2,2

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

довжина 70 мм і чистота поверхні 12,5 мкм – 1,9  
 довжина 70 мм і чистота поверхні 12,5 мкм – 1,9  
 довжина 620 мм і чистота поверхні 12,5 мкм – 2,6

Додаткові припуски, що враховують зміщення по поверхні рознімання штампа, мм – 0,5.

Розміри поковки, мм:

діаметр  $80 + (2,3+0,5) \cdot 2 = 85,6$  – приймаємо 86  
 діаметр  $80 + (2,3+0,5) \cdot 2 = 85,6$  – приймаємо 86  
 діаметр  $105 + (2,7+0,5) \cdot 2 = 111,4$  – приймаємо 111  
 діаметр  $105 + (2,7+0,5) \cdot 2 = 111,4$  – приймаємо 111  
 діаметр  $125 + (2,5+0,5) \cdot 2 = 131$  – приймаємо 131  
 діаметр  $125 + (2,5+0,5) \cdot 2 = 131$  – приймаємо 131  
 діаметр  $98 + (1,9+0,5) \cdot 2 = 102,8$  – приймаємо 103  
 довжина  $96+2,6-1,9+0,5-0,5 = 96,7$  – приймаємо 97  
 довжина  $96+2,6-1,9+0,5-0,5 = 96,7$  – приймаємо 97  
 довжина  $190+2,6-2,2+0,5-0,5 = 190,4$  – приймаємо 191  
 довжина  $190+2,6-2,2+0,5-0,5 = 190,4$  – приймаємо 191  
 довжина  $70+1,9+2,2+0,5+0,5 = 75,1$  – приймаємо 75  
 довжина  $70+1,9+2,2+0,5+0,5 = 75,1$  – приймаємо 75  
 довжина  $620+(2,6+0,5) \cdot 2 = 626,2$  – приймаємо 626

Результати розрахунків припусків і допусків з граничними відхиленнями розмірів зведені в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Зведена таблиця для визначення розмірів заготовки, мм

Розмір деталі	Чистота поверхні	Припуск	Додатковий припуск	Розрахунковий розмір заготовки	Приймаємий розмір заготовки	Фактичний припуск
Ø 80	1,6	2,3	0,5	Ø 85,6	Ø 86	3,0
Ø 80	1,6	2,3	0,5	Ø 85,6	Ø 86	3,0
Ø 105	0,8	2,7	0,5	Ø 111,4	Ø 111	3,0
Ø 105	0,8	2,7	0,5	Ø 111,4	Ø 111	3,0

Продовження таблиці 5.1

Розмір деталі	Чистота поверхні	Припуск	Додатковий припуск	Розрахунковий розмір заготовки	Приймаємий розмір заготовки	Фактичний припуск
Ø 98	12,5	1,9	0,5	Ø 102,8	Ø 103	2,5
Ø 125	1,6	2,5	0,5	Ø 131	Ø 131	3,0
Ø 125	1,6	2,5	0,5	Ø 131	Ø 131	3,0
L96	12,5	1,9	0,5	L96,7	L97	2,0
L96	12,5	1,9	0,5	L96,7	L97	2,0
L190	12,5	2,2	0,5	L190,4	L191	2,0
L190	12,5	2,2	0,5	L190,4	L191	2,0
L70	12,5	1,9	0,5	L75,1	L75	3,0
L70	12,5	1,9	0,5	L75,1	L75	3,0
L620	12,5	2,6	0,5	L626,2	L626	3,0

Дізнавшись розміри заготовки, можна знайти масу заготовки за допомогою програми «Компас-3D»:  $m_3 = 44,9$  кг.

Коефіцієнт використання матеріалу визначається за формулою:

$$K_B = \frac{m_d}{m_3}, \quad (5.3)$$

де  $m_d$  – маса деталі,  $m_d=37,6$  кг.

$$K_B = \frac{37,6}{44,9} = 0,84$$

## 6 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ ІСНУЮЧОГО ЧИ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Величина припуску впливає на собівартість виготовлення деталі. При збільшеному припуску підвищуються витрати праці, витрата матеріалу та інші виробничі витрати, а при зменшеному доводиться підвищувати точність заготовки, що також збільшує собівартість виготовлення деталі.

Для отримання деталей більш високої якості необхідно при кожному технологічному переході механічної обробки заготовки передбачати виробничі похибки, що характеризують відхилення розмірів, геометричні відхилення форми поверхні, мікронерівності, відхилення розташування поверхонь. Всі ці відхилення повинні знаходитися в межах поля допуску на розмір поверхні заготовки.

Аналітичний метод визначення припусків базується на аналізі виробничих похибок, що виникають при конкретних умовах обробки заготовки.

Згідно завдання проводиться розрахунок припусків аналітичним методом для зовнішньої поверхні тіла обертання  $\varnothing 105f7$ . Маршрут обробки даної поверхні вибирається за [11] с.188, таблиця 25 і зводиться в таблицю 6. 1.

Таблиця 6.1 - Маршрут обробки поверхні

Назва стадії	Квалітет	Допустимі відхилення розмірів
Заготівельна	T4	+2,4 -1,2
Точіння чорнове	h14	0 -0,87
Точіння чистове	h9	0 -0,087
Шліфування	f7	-0,036 -0,071

Обробка поверхонь ведеться на токарному верстаті з ЧПК модель СКЕ6136Z при цьому закріплення ведеться в центрах. Величина мінімального

припуску при обробці зовнішніх і внутрішніх поверхонь (двосторонній припуск) визначається за формулою:

$$2Z_{\min i} = 2 \cdot \left( Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right) \quad (6.1)$$

де  $Rz_{i-1}$  – висота мікронерівностей профілю на попередньому переході (операції), мкм;

$h_{i-1}$  – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході (операції), мкм;

$\rho_{i-1}$  – сумарні значення просторових відхилень форми на попередньому переході (операції), мкм;

$\varepsilon_{yi}$  – похибка установки заготовки на виконуваному переході (операції), мкм.

Висота мікронерівностей  $Rz$  і глибина дефектного шару  $h$  вибираються за таблицями [11]:

- Для заготовки:  $Rz = 320$  мкм;  $h = 350$  мкм;

- По переходах:

а) точіння чорнове:  $Rz = 50$  мкм;  $h = 50$  мкм;

б) чистове точіння:  $Rz = 25$  мкм;  $h = 25$  мкм.

в) шліфування:  $Rz = 5$  мкм;  $h = 5$  мкм.

Сумарне значення просторових відхилень форми заготовки при обробці в центрах зовнішніх поверхонь визначається за формулою:

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{км}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2} \quad (6.2)$$

де  $\rho_{\text{км}}$  – місцева кривизна заготовки, мкм;

$\rho_{\text{ц}}$  – похибка зацентрування штамповки, мкм.

Місцева кривизна заготовки при установці в центрах визначається за формулою:

$$\rho_{\text{км}} = \Delta_{\text{к}} \cdot L_{\text{к}} \quad (6.3)$$

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

де  $\Delta_k$  – допустима питома кривизна поковок типу валів, за [11] с.186, таблиця 15:

$$\Delta_k = 1 \text{ мкм/мм};$$

$L_k$  – відстань від перетину, для якого визначається кривизна, до опори при установці в центрах,  $L_k = 96$  мм.

$$\rho_{км} = 1 \cdot 96 = 96 \text{ мкм.}$$

Похибка зацентрування поковки визначається за формулою:

$$\rho_{ц} = 0,25 \cdot \sqrt{\delta^2 + 1} \quad (6.4)$$

де  $\delta$  – допуск на діаметр базової поверхні заготовки, використаної при зацентруванні,  $\delta = 3600$  мкм (див. п.1.4).

$$\rho_{ц} = 0,25 \cdot \sqrt{3600^2 + 1} = 900 \text{ мкм.}$$

Підставивши розраховані значення в формулу (1.11), отримуємо:

$$\rho_{заг} = \sqrt{900^2 + 96^2} = 905 \text{ мкм.}$$

Величина значення просторових відхилень форми заготовки після виконання переходу (операції) визначається за формулою:

$$\rho_i = \rho_{заг} \times K_y \quad (6.5)$$

де  $K_y$  – коефіцієнт уточнення.

Коефіцієнт уточнення:

- для точіння чорнового:  $K_y = 0,06$ ;

- для точіння чистового:  $K_y = 0,04$ ;

Тоді сумарні значення просторових відхилень форми по переходах рівні:

$$\rho_{чорн} = 905 \times 0,060 = 50 \text{ мкм};$$

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

$$\rho_{\text{ч}} = 905 \times 0,040 = 40 \text{ мкм.}$$

Необхідне положення заготовки в робочій зоні верстата досягається в процесі її встановлення. Процес установки містить базування і закріплення. Відхилення положення заготовки, що виникає при базуванні називається похибкою базування, а при закріпленні – похибкою закріплення.

Обробка відбувається в центрах, тому похибка установки  $\varepsilon_y$  для всіх переходів відсутня  $\varepsilon_y = 0$ .

Елементи припуску заносяться до таблиці 6.2.

Підставивши вибрані ( $Rz$ ,  $h$  і  $\rho$ ) значення в формулу визначаються мінімальні припуски на відповідних переходах:

$$2Z_{\text{min чорн}} = 2(320+350+905)=3,210 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\text{min чист}} = 2(50+50+50)=0,30 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\text{min шл}} = 2(25+25+40)=0,18 \text{ мм.}$$

Допуск заготовки  $\delta_{\text{заг}}$  визначений в п.1.4 і дорівнює  $\delta_{\text{заг}}=4,0$  мм ( $ES=2,4$  мм;  $EI=1,2$  мм).

Допуски по переходам:

- для точіння чорнового:  $\delta_{\text{чорн}}=0,87$  мм ( $ES=0$  мм;  $EI=-0,87$ );
- для точіння чистового:  $\delta_{\text{чист}}=0,087$  мм ( $ES=0$  мм;  $EI=-0,087$ );
- для шліфування:  $\delta_{\text{шл}}=0,035$  мм ( $ES=-0,036$  мм;  $EI=-0,071$ ).

Розміри поверхні після шліфування визначаються за формулами:

$$d_{\text{max шл}} = d_{\text{ном шл}} - ES_{\text{шл}} \quad (6.7)$$

$$d_{\text{max шл}} = 105 - 0,036 = 104,964 \text{ мм}$$

$$d_{\text{min шл}} = d_{\text{ном шл}} - EI_{\text{шл}} \quad (6.8)$$

$$d_{\text{min шл}} = 105,0 - 0,071 = 104,929 \text{ мм.}$$



Номінальний і максимальний припуски на шліфування визначаються за формулами:

$$2Z_{\text{ном шл}} = 2Z_{\text{мін шл}} + \delta_{\text{чист}} - e_{\text{шл}} \quad (6.9)$$

$$2Z_{\text{ном шл}} = 0,180 + 0,087 - 0,036 = 0,231 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{мак шл}} = 2Z_{\text{мін шл}} + \delta_{\text{чист}} + \delta_{\text{шл}} \quad (6.10)$$

$$2Z_{\text{мак шл}} = 0,180 + 0,087 + 0,035 = 0,302 \text{ мм.}$$

Розміри поверхні після точіння чистового визначаються за формулами:

$$d_{\text{мін чист}} = d_{\text{мак шл}} + 2Z_{\text{мін шл}} \quad (6.11)$$

$$d_{\text{мін чист}} = 104,964 + 0,18 = 105,144 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{мак чист}} = d_{\text{мін чист}} + \delta_{\text{чист}} \quad (6.12)$$

$$d_{\text{мак чист}} = 105,144 + 0,087 = 105,231 \text{ мм.}$$

Номінальний і максимальний припуски на точіння чистове визначаються за формулами:

$$2Z_{\text{ном чист}} = 2Z_{\text{мін чист}} + \delta_{\text{чорн}} \quad (6.13)$$

$$2Z_{\text{ном чист}} = 0,30 + 0,87 = 1,17 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\text{мак чист}} = 2Z_{\text{ном чист}} + \delta_{\text{чист}} \quad (6.14)$$

$$2Z_{\text{мак чист}} = 1,17 + 0,087 = 1,257 \text{ мм.}$$

Розміри поверхні після точіння чорнового визначаються за формулами:

$$d_{\text{мін чорн}} = d_{\text{ном чист=мак чист}} + 2Z_{\text{мін чист}}, \quad (6.15)$$

$$d_{\text{мін чорн}} = 105,231 + 0,30 = 105,531 \text{ мм,}$$

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$d_{\max \text{ чорн}=\text{ном чорн}} = d_{\min \text{ чорн}} + \delta_{\text{чорн}}, \quad (6.16)$$

$$d_{\max \text{ чорн}=\text{ном чорн}} = 105,531 + 0,87 = 106,401 \text{ мм.}$$

Номінальний і максимальний припуски на точіння чорнове визначаються за формулами:

$$2Z_{\text{ном чорн}} = 2Z_{\min \text{ чорн}} + ei_{\text{заг}} \quad (6.17)$$

$$2Z_{\text{ном чорн}} = 3,21 + 1,2 = 4,41 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max \text{ чорн}} = 2Z_{\text{ном чорн}} + \delta_{\text{чорн}} + es_{\text{заг}} \quad (6.18)$$

$$2Z_{\max \text{ чорн}} = 4,41 + 0,87 + 2,4 = 7,68 \text{ мм.}$$

Розміри поверхні заготовки визначаються за формулами:

$$d_{\min \text{ заг}} = d_{\text{ном чорн}} + 2Z_{\min \text{ чорн}} \quad (6.19)$$

$$d_{\min \text{ заг}} = 106,401 + 3,21 = 109,611 \text{ мм.}$$

Приймаємо мінімальний діаметр заготовки 109,8 мм.

$$d_{\text{ном заг}} = d_{\min \text{ заг}} + ei_{\text{заг}} \quad (6.20)$$

$$d_{\text{ном заг}} = 109,8 + 1,2 = 111 \text{ мм}$$

$$d_{\max \text{ заг}} = d_{\text{ном заг}} + es_{\text{заг}} \quad (6.21)$$

$$d_{\min \text{ заг}} = 111 + 2,4 = 113,4 \text{ мм.}$$

Розраховані значення номінальних і максимальних припусків і проміжних розмірів зводяться до таблиці 6.2.

Розрахунок загального припуску на обробку поверхні проводиться за формулою:

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$2Z_{\text{НОМ.ЗАГ.}} = 2Z_{\text{НОМ.М.П.}} \quad (6.22)$$

де  $2Z_{\text{НОМ.М.П.}}$  – сума номінальних міжопераційних припусків, мм.

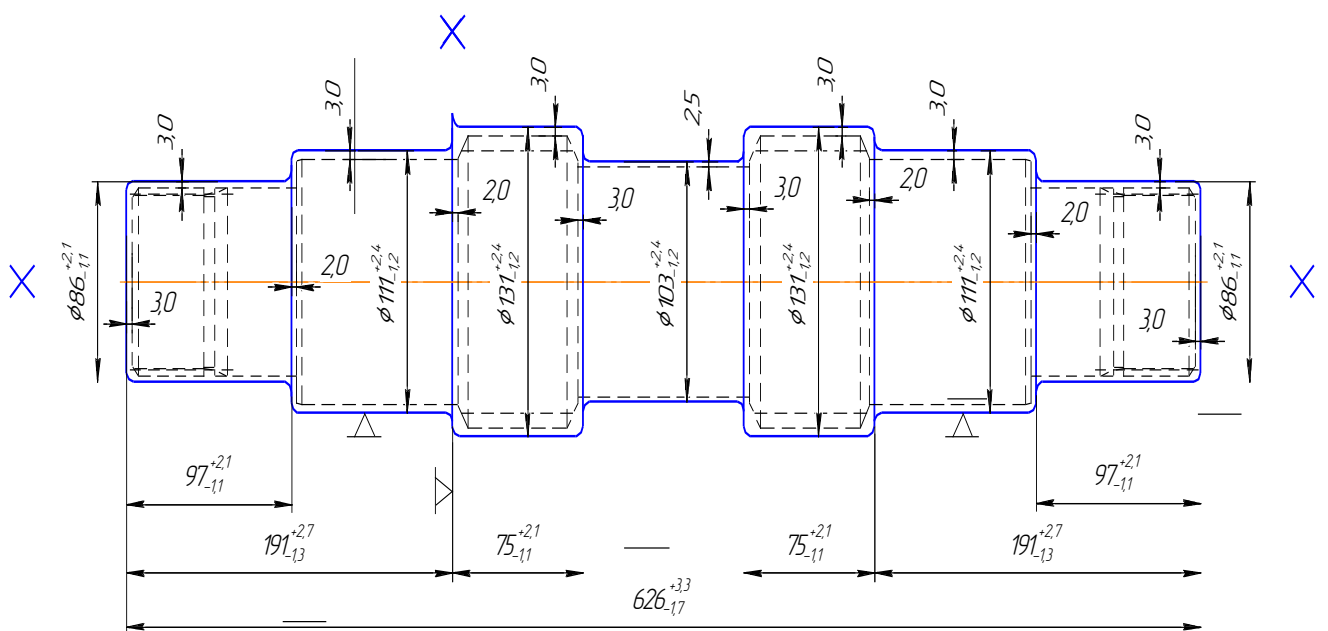
$$2Z_{\text{НОМ.М.П.}} = 4,41 + 1,17 + 0,231 = 5,811 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $2Z_{\text{НОМ.М.П.}} = 6 \text{ мм.}$

Таблиця 6.2 - Вихідні та розрахункові дані на заданий розмір

Технологічні операції (переходи)	Елементи припуску, мкм				Розрахунок припусків, мм			Розрахунок розмірів, мм		
	Rz <sub>i-1</sub>	h <sub>i-1</sub>	ρ <sub>i-1</sub>	ε <sub>yi</sub>	2Z <sub>min</sub>	2Z <sub>НОМ</sub>	2Z <sub>max</sub>	d <sub>min</sub>	d <sub>НОМ</sub>	d <sub>max</sub>
Заготівельна	320	350	905	-	-	-	-	109,8	111	113,4
Точіння чорнове	50	50	50	-	3,21	4,41	7,68	105,531	106,401	106,401
Точіння чистове	25	25	40	-	0,30	1,17	1,257	105,144	105,231	105,231
Шліфування	-	-	-	-	0,18	0,231	0,302	104,929	105	104,964

Ескіз заготовки представлений на рисунку 6.1. Схема розташування припусків і допусків для зовнішньої циліндричної поверхні  $\phi 105f7(-0,036;-0,071)$  приведена в додатку А пояснювальної записки



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

ТМ 18510228-00 ПЗ

Лист

32

## Рисунок 6.1 – Ескіз заготовки

### 6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки

Для розгляду цього питання в якості технологічної операції були прийняті операції – 055 і 060 токарна з ЧПК. На даній операції обробляються поверхні, виділені на рисунку 6.2.

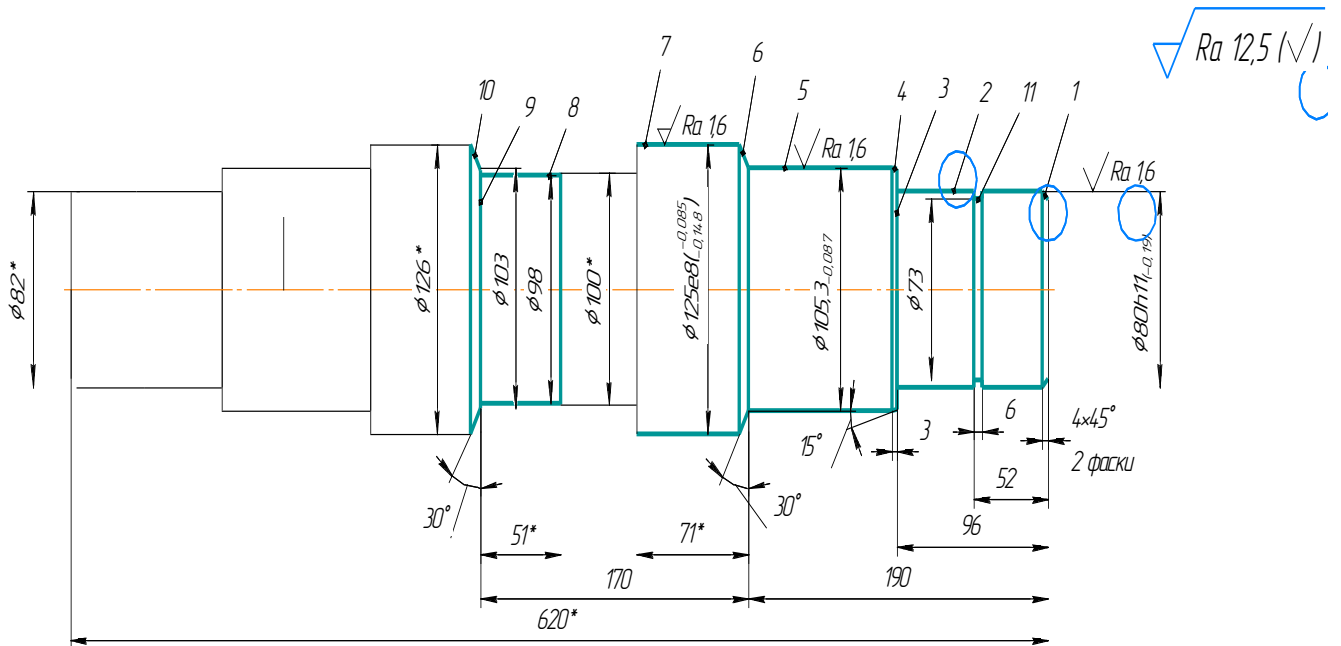


Рисунок 6.2 – Операційний ескіз (операція 055 і 060)

Проаналізувавши поверхні, обирається спосіб базування в центрах, тому що відсутні інші альтернативні рішення. Зазначені поверхні є доступними, не заважають доступу ріжучого інструменту до оброблюваних поверхонь, забезпечують обробку деталі на інших операціях без зміни баз (принцип постійності баз).

На даній операції заготовка позбавляється 5 ступенів вільності. При цьому виникають дві бази:

										Лист
										33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

- подвійна направляюча – лівий і правий центровий отвір, позбавляють деталь 4-х ступенів вільності: переміщення вздовж осей X і Y і обертань навколо осей X і Y;

- опорна – торець уступу, позбавляє деталь одного ступеня вільності: переміщення вздовж осі Z.

Приклад базування приведений на рисунку 6.3, також додано таблицю відповідності 6.3 та матрицю зв'язків 6.4.

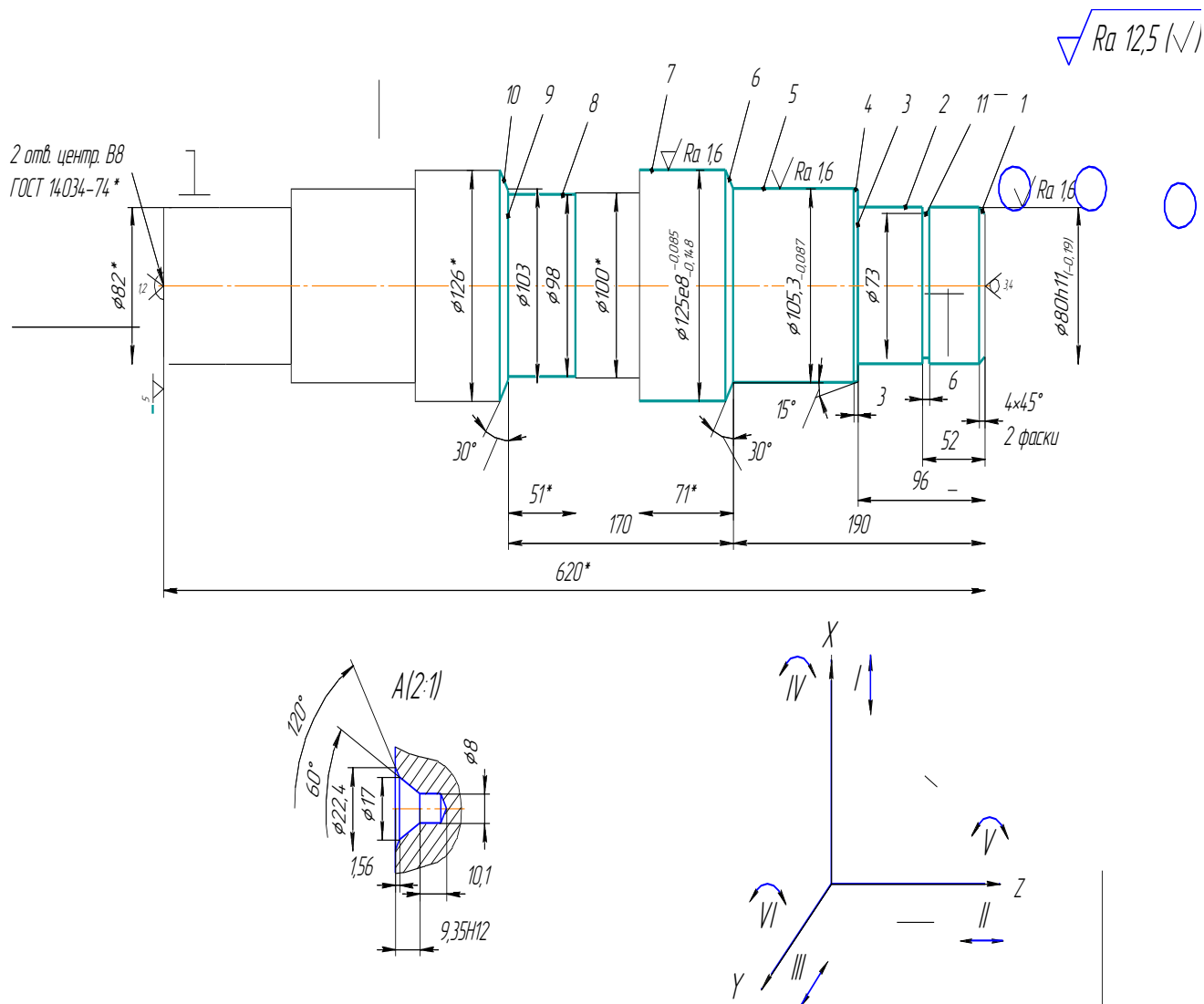


Рисунок 6.3 – Схема базування Вала-шестерні на токарних операціях з ЧПК 055 і 060

Таблиця 6.3 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені вільності	Назва бази
1, 2, 3, 4	I, III, IV, VI	ПНБ
5	II	ОБ

Таблиця 6.4 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	Найменування баз
<i>l</i>	1	1	0	ПНБ
<i>α</i>	1	1	0	
<i>l</i>	0	0	1	ОБ
<i>α</i>	0	0	0	
$\Sigma$	2	2	1	5 ступенів

Розглянемо варіанти схем базування на зубофрезерній операції 070. На даній операції фрезерується зубчатий вінець, показаний на рисунку 6.4.

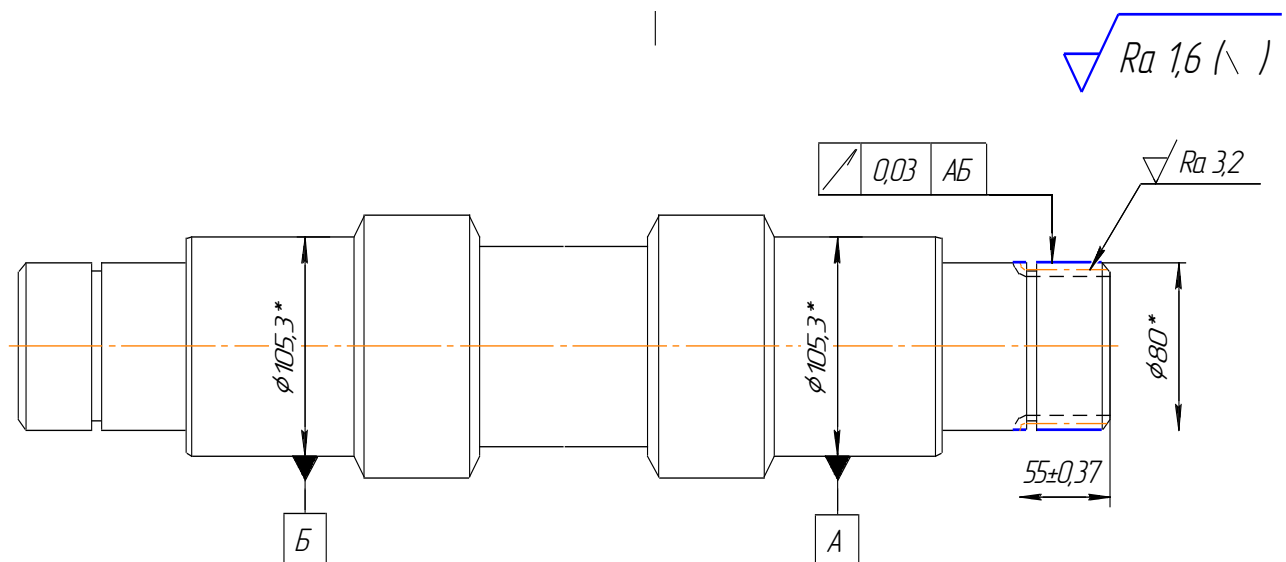


Рисунок 6.4 – Операційний ескіз (операція 070)

Проаналізувавши поверхні, обирається спосіб базування в центрах, тому що відсутні інші альтернативні рішення. Зазначені поверхні є доступними, не

заважають доступу ріжучого інструменту до оброблюваних поверхонь, забезпечують обробку деталі на інших операціях без зміни баз (принцип постійності баз).

На даній операції заготовка позбавляється 5 ступенів вільності. При цьому виникають дві бази:

- подвійна направляюча – лівий і правий центровий отвір, позбавляють деталь 4-х ступенів вільності: переміщення вздовж осей X і Y і обертань навколо осей X і Y;

- опорна – торець уступу, позбавляє деталь одного ступеня вільності: переміщення вздовж осі Z.

Приклад базування приведений на рисунку 6.5, також додано таблицю відповідності 6.5 та матрицю зв'язків 6.6.

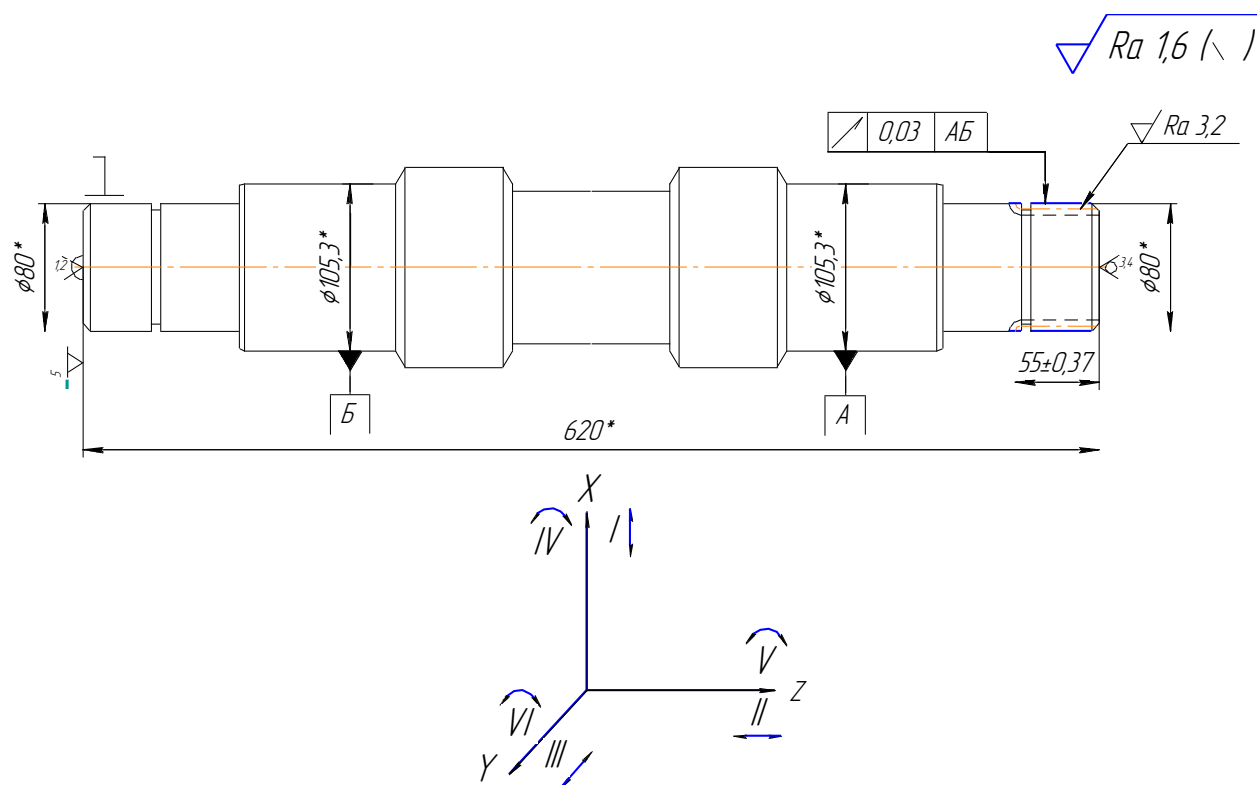


Рисунок 6.5 – Схема базування Вала-шестерні на зубофрезерній операції 070

Таблиця 6.5 – Таблиця відповідності

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

Таблиця 6.6 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	Найменування баз
<i>l</i>	1	1	0	ПНБ
<i>α</i>	1	1	0	
<i>l</i>	0	0	1	ОБ
<i>α</i>	0	0	0	
<i>l</i>	0	0	0	
<i>α</i>	0	0	0	
$\Sigma$	2	2	1	5 ступенів

### 6.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата

Для виконання операцій 055 і 060 токарна з ЧПК вибираємо токарний верстат з ЧПК мод. СКЕ6136Z. Система ЧПК: «WL4T».

При виборі даного обладнання з огляду на технологічні методи обробки поверхонь на даній операції (на операції проводиться точіння зовнішніх поверхонь і точіння канавок) прийшли до висновку, що даний верстат цілком придатний для здійснення заданої операції. Технічна характеристика верстата приведена в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Технічна характеристика верстата мод. СКЕ6136Z

Характеристика	Величина
Максимальний діаметр встановлюваного виробу, мм	360
Ширина напрямних, мм	300
Максимальна оброблювана довжина, мм	750
Діаметр виробу над супортом, мм	180
Поперечні переміщення, мм	205
Поздовжні переміщення, мм	620



Конус шпинделя	A2-6/D6
Діаметр патрона, мм	200
Конус отвору шпинделя	M6
Діапазон швидкостей шпинделя, об / хв	20-650
Частотно-регульований привід, об / хв	75-2500
Ступені швидкості шпинделя	2 діапазона

Продовження таблиці 6.7

Характеристика	Величина
Потужність частотно-регульованого сервомотора, кВт	5,5
Швидкі переміщення осей X / Z, м / хв	4/5
Точність позиціонування револьверної головки, мм	0,008
Час зміни інструменту - верт. 4х позиц. револьверна головка, с	2,1
Час зміни інструменту - горизонт. 6х позиц. револьверна головка, с	2,1
Конус пінолі, мм	M4
Висування пінолі задньої бабки, мм	130
Діаметр пінолі, мм	60
Маса, кг	1600
Габаритні розміри, мм	2300x1480x1520

Проаналізувавши технічні характеристики верстата на операціях 055 і 060 токарна з ЧПК, будемо використовувати верстат мод. СKE6136Z, тому що його технічні характеристики та технологічні можливості повністю забезпечують безперешкодну обробку деталі.

Для фрезерування зубчатого вінця на операції 070 використовуємо зубофрезерний верстат моделі 5350.

При виборі даного обладнання з огляду на технологічні методи обробки поверхонь на даній операції прийшли до висновку, що даний верстат цілком придатний для здійснення заданої операції. Технічна характеристика верстата приведена в таблиці 6.8.

										Лист
										38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ 18510228-00 ПЗ					



Призначаємо центр верстатний обертовий типу А, виконання 1 з конусом Морзе 4, нормальної серії підвищеної точності. Позначення: Центр А-1-4-НП ЧПК ГОСТ 8742-75\*. Центр плаваючий.

Для обробки зовнішніх поверхонь використовуємо різець токарний прохідний з механічним кріпленням підтисканням важелем через отвір твердосплавної непереточуваної ромбічної пластинки з ріжучою кромкою 12,7 мм і кутом в плані 95°, задній кут пластинки 0°, правий, перерізом Н×В = 20×20 мм, довжиною 125 мм. Позначення: Різець PCLNR 2020 K12 T15K6.

Для обробки канавок використовуємо різець спеціальний канавковий для точіння канавки b6 з напайною пластиною з твердого сплаву T15K6.

Для контролю розмірів використовуємо штангенциркуль ШЦ-I-150-0,1 ГОСТ 166-89 і штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ 166-89. Для контролю поверхонь Ø105,3 і Ø140e8 використовуємо мікрометр МК-150-1 ГОСТ 6507-78.

На операцію 075 зубофрезерна вибираємо верстатні пристрої, металорізальні та вимірювальні інструменти.

Для установки і закріплення Вала-шестерні в центрах використовуємо паводковий патрон діаметром D=200 мм, виконання 1. Позначення: Патрон 7108-0021 ГОСТ 2571-71.

Передача руху заготовці здійснюється через хомутик. Вибираємо хомутик для заготовок діаметром від 80 до 100 мм. Позначення: Хомутик 7107-0045 ГОСТ 2578-70.

Призначаємо центр верстатний обертовий типу А, виконання 1 з конусом Морзе 5, нормальної серії підвищеної точності. Позначення: Центр А-1-5-НП ГОСТ 8742-75\*. Центр плаваючий.

Для фрезерування зубчатого вінця застосовуємо фрезу черв'ячну цільну Ø100 мм, модулем 2,5 мм із швидкорізальної сталі Р6М5, точність В. Позначення: Фреза 2510-4284 В Р6М5 ГОСТ 9324-80. Для її закріплення використовуємо оправку. Позначення: Оправка 6225-0170 ГОСТ 15068-75.

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Для контролю розмірів використовуємо контрольню-вимірнувальний пристрій.

Зведемо до таблиці 6.9 верстатний пристрій, ріжучий, вимірнувальний та допоміжний інструмент, який використовується при механічній обробці на операціях 055, 060, 070.

Таблиця 6.9 – Ріжучий та вимірнувальний інструмент, що використовується при обробці на операціях 055 і 060 токарних з ЧПК і 070 зубофрезерна

Номер та зміст переходу	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент	Верстатний пристрій	Вимірнувальний інструмент
Обточування зовнішніх поверхонь	Різець PCLNR2020K12; Різець спеціальний канавковий	Центр плаваючий; Центр обертовий ГОСТ 8742-75	Паводковий патрон 7108-0021 ГОСТ 2571-71	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,1 ГОСТ 166-89; Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ 166-89; Мікрометр МК-150-1 ГОСТ 6507-78
Фрезерування зубчатого вінця	Фреза 2510-4284 В Р6М5 ГОСТ 9324-80*.	Оправка ГОСТ 15068-75; Центр плаваючий; Центр обертовий ГОСТ 8742-75	Паводковий патрон 7108-0021 ГОСТ 2571-71	Контрольно-вимірнувальний пристрій для контролю зубів;

### 6.5 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання будемо проводити для операцій 055 і 060 токарна з ЧПК. Розрахунково-аналітичним методом розрахуємо режим різання

для зовнішнього точіння поверхні Ø125e8, для інших переходів режим різання призначимо за табличним методом [13-14].

Вихідні дані: діаметр поверхні – 125 мм, матеріал заготовки – сталь 38ХА з межею міцності  $\sigma_B=930$  МПа; матеріал ріжучої частини різця Т15К6, ЗОР – емульсія, заготовка – поковка штампована на ГКМ.

Визначимо глибину різання [12]:

$$t = \frac{D_3 - D_{\text{обр}}}{2} \quad (6.23)$$

де  $D_3$  – діаметр в стані заготовки;

$D_{\text{обр}}$  – діаметр після точіння.

$$t = \frac{126 - 125}{2} = 0,5 \text{ мм}$$

Визначимо подачу [12]:

$$S = 0,25 \text{ мм/об}$$

Стійкість інструменту  $T = 60$  хв. Визначимо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{m \cdot t^x \cdot S^y}} \cdot K_v \quad (6.24)$$

де  $C_v=420$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,20$ ;  $m=0,20$  – коефіцієнти та показники у формулі швидкості різання [12].

$K_v$  – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, котрий враховує фактичні умови різання, визначається за формулою:

$$K_v = K_M \cdot K_t \cdot K_n \quad (6.25)$$

де  $K_M = 0,8$  – поправочний коефіцієнт, на оброблюваний матеріал [12];

$K_t = 1,05$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий інструментальний матеріал [12];

$K_n = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання [12].

$$K_v = 0,8 \cdot 1,05 \cdot 1,0 = 0,84$$

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,84 = 227,75 \text{ м/хв}$$

Визначимо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (6.26)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 227,75}{3,14 \cdot 126} = 575,65 \text{ об/хв.}$$

Скорегуємо частоту обертання відповідно до паспорту верстата  $n = 500$  об/хв.

Визначимо фактичну швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (6.27)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 126 \cdot 500}{1000} = 197,82 \text{ м/хв.}$$

Визначимо силу різання за формулою:

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (6.28)$$

де  $C_p = 300$ ,  $x=1,0$ ,  $y=0,75$ ,  $n=-0,15$  – коефіцієнти та показники в формулі [12];

$K_p$  – поправочний коефіцієнт, який враховує умови різання [12], розраховується за формулою:

$$K_p = K_m \cdot K_\varphi \cdot K_\gamma \cdot K_\lambda \cdot K_r \quad (6.29)$$

де  $K_m = 1,17$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності;

$K_{\varphi} = 0,94$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані на силові залежності;

$K_{\gamma} = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив переднього кута на силові залежності;

$K_{\lambda} = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив кута нахилу головного леза на силові залежності;

$K_r = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив радіуса при вершині на силові залежності.

$$K_p = 1,17 \cdot 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,10.$$

Враховуючи поправочні коефіцієнти отримуємо:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 197,82^{-0,15} \cdot 1,10 = 263,9 \text{ Н}$$

Визначимо потужність необхідну для обробки за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (6.30)$$

$$N = \frac{263,9 \cdot 197,82}{1020 \cdot 60} = 0,85 \text{ кВт}$$

За паспортними даними верстата мод. СКЕ6136Z: потужність електродвигуна  $N_{\text{ел}} = 5,5$  кВт; ККД верстата  $\eta = 0,8$ . Потужність шпинделя верстата визначається за формулою:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{ел}} \cdot \eta \quad (6.31)$$

$$N_{\text{шп}} = 5,5 \cdot 0,8 = 4,4 \text{ кВт}$$

Розрахункове значення потужності не перевищує допустимого (0,85 кВт < 4,4 кВт), отже обробка на верстаті мод. СКЕ6136Z буде забезпечена.

Визначимо основний час за формулою:

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

$$T_o = \frac{L_p + l_1^* + l_1^{**}}{S \cdot n} \quad (6.32)$$

де  $l_1^* = ctg\varphi \cdot t = ctg60^\circ \cdot 0,5 = 0,29$  мм – величина врізання різця;

$l_1^{**} = 2$  мм – виліт перебігу.

$$T_o = \frac{66,9 + 0,29 + 2}{0,25 \cdot 500} = 0,55 \text{ хв.}$$

Розглянемо обробку інших поверхонь. На переходи даної операції здійснюємо вибір режимів різання табличним методом за допомогою каталогів [12, 13]. Обрані режими заносимо до таблиці 6.10.

Таблиця 6.10 – Режими різання визначені за табличним методом для токарної операції 055 і 060

Номер і текст переходу	Параметри режимів обробки						
	i	t, мм	S, м/об	V, м/хв	п, об/хв	L, мм	To, хв
1	2	3	4	5	6	7	8
Фаска 4x45°	1	4,0	0,40	216,03	800	7	0,021
Поверхня Ø80	1	1,0	0,25	216,03	800	92	0,49
Горець Ø80/Ø105,3	1	1,0	0,40	208,11	630	10,7	0,04
Фаска 3x15°	1	3,0	0,40	208,5	630	3,1	0,01
Поверхня Ø105,3	1	0,55	0,25	208,5	630	91	0,59
Фаска 30°	2	2,5	0,35	197,82	500	20,2	0,23
Поверхня Ø125	1	0,5	0,25	197,82	500	63	0,50
Поверхня Ø98	1	1,0	0,50	197,82	630	51	0,16
Горець Ø98/Ø103	1	1,0	0,40	203,75	630	2,5	0,01
Фаска 30°	2	2,5	0,35	197,82	500	22	0,25
Канавка б6	1	6,0	0,16	125,6	500	5,5	0,08
Всього	-	-	-	-	-	-	2,38

Розрахунок режиму різання будемо проводити для операції 070 зубофрезерна. Аналітичним методом розрахуємо режим різання для фрезерування зубчатого вінця шириною  $B = 55$  мм.

Вихідні дані: діаметр поверхні – 80 мм, матеріал заготовки – сталь 38ХА з межею міцності  $\sigma_B = 930$  МПа; Черв'ячна чистова фреза:  $D_{фр} = 71$  мм,  $m = 2,5$ ;



матеріал ріжучої частини різця Р6М5, ЗОР – емульсія, заготовка – поковка штампована на ГKM.

Розрахуємо глибину різання

Нарізаємо зуби за один робочий хід. У цьому випадку глибина різання буде дорівнює висоті зуба:

$$t=h=2,25 \cdot m=2,25 \cdot 2,5=5,63 \text{ мм.}$$

Розрахунок подачі

Подача при одноразовому остаточному нарізуванні циліндричних коліс черв'ячними фрезами зі швидкорізальної сталі нормальної продуктивності за [13] с.148, карта 3-2: при модулі  $m=2,5$ , числу зубів деталі  $z=30$  і числу заходів фрези  $\varepsilon=1$  подача  $S_{0\text{табл.}}=2,1$  мм/об.

Подача, з урахуванням поправочного коефіцієнта визначається за формулою:

$$S_o = S_o \cdot K_s \quad (6.33)$$

де  $K_s$  – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу,  $K_s=1,0$

$$S_o = 2,1 \cdot 1,0 = 2,1 \text{ мм/об.}$$

Коригуємо подачу за паспортними даними верстата мод. 5350:  $S_o = 2,0$  мм/об.

Період стійкості черв'ячної фрези модуля  $m = 2,5$  мм при обробці заготовки зі сталі рекомендується  $T = 240$  хв за [13] с.303, додаток 3.

Швидкість різання при одноразовому остаточному нарізуванні циліндричних коліс черв'ячними фрезами зі швидкорізальної сталі нормальної продуктивності за [13] с.148, карта 3-2: при модулі  $m = 2,5$  і числі заходів фрези  $\varepsilon=1$ ,  $V_{\text{табл.}}=45$  м/хв.

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Швидкість різання, з урахуванням поправочного коефіцієнта визначається за формулою:

$$V_{\text{фр}} = V_{\text{табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (6.34)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу:  $K_1=1,0$ ;

$K_2$  – коефіцієнт, що залежить від стійкості інструменту:  $K_2=1,0$ .

$$V_{\text{фр}} = 45 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 45 \text{ мм/об}$$

Частота обертання фрези, відповідна знайдений швидкості головного руху різання визначається за формулою:

$$n_{\text{фр}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{фр}}}{\pi \cdot D_{\text{фр}}} \quad (6.35)$$

$$n_{\text{фр}} = \frac{1000 \cdot 45}{3,14 \cdot 71} = 201,84 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо частоту обертання за паспортними даними верстата і встановлюємо дійсну частоту обертання  $n = 200$  об/хв.

Дійсна швидкість головного руху різання визначається за формулою:

$$V_{\text{фр}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{фр}} \cdot n_{\text{фр}}}{1000} \quad (6.36)$$

$$V_{\text{фр}} = \frac{3,14 \cdot 71 \cdot 200}{1000} = 44,59 \text{ м/хв}$$

Знаходимо потужність, затрачену на різання за [13]. При одноразовому остаточному нарізуванні циліндричних коліс черв'ячними фрезами зі швидкорізальної сталі нормальної продуктивності з подачею  $S_o = 2,0$  мм/об і модулем  $m=2,5$  мм,  $N_{\text{табл.}}=1,8$  кВт.

Потужність різання, з урахуванням поправочного коефіцієнта визначається за формулою :

$$N = N_{\text{табл.}} \cdot K_N \quad (6.37)$$

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

де  $K_N$  – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу:  $K_N=1,0$

$$N = 1,8 \cdot 1,0 = 1,8 \text{ кВт.}$$

За паспортними даними верстата мод. 5350: потужність електродвигуна  $N = 6,5$  кВт; ККД верстата  $\eta=0,8$ . Потужність шпинделя верстата визначається за формулою (6.31):

$$N_{\text{шп}} = 6,5 \cdot 0,8 = 5,2 \text{ кВт.}$$

Розрахункове значення потужності не перевищує допустимого (1,8 кВт < 5,2 кВт), отже обробка на верстаті мод. 5350 буде забезпечена.

Основний час визначається за формулою:

$$T_o = \frac{(B+l+l_1) \cdot z}{n \cdot S_o \cdot \varepsilon} \quad (6.38)$$

де  $B$  – ширина фрезерування, мм;

$l$  – глибина врізання фрези, мм;

$$l = \sqrt{t(D_{\text{фр}} - t)} \quad (6.39)$$

$$l = \sqrt{5,63 \cdot (71 - 5,63)} = 19,18 \text{ мм}$$

$l_1$  – величина перебігу,  $l_1=0$  мм (зубчатий вінець закритий);

$z$  – число зубів зубчатого вінця,  $z=30$ ;

$\varepsilon$  – число заходів фрези,  $\varepsilon = 1$ .

Тоді, основний технологічний час при фрезеруванні:

$$T_o = \frac{(55+19,18) \cdot 30}{200 \cdot 2,0 \cdot 1} = 5,56 \text{ хв.}$$

Зводимо розрахунки у таблицю 6.11

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Таблиця 6.11 – Режими різання визначені за табличним методом для зубофрезерної операції 070

Номер і текст переходу	Параметри режимів обробки						
	i	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	L, мм	T <sub>о</sub> , хв
1	2	3	4	5	6	7	8
Зубчатий вінець	1	5,63	2,0	44,59	200	74,18	5,56

## 6.6. Технічне нормування операції

В основі розрахунків продуктивності праці лежить технічне нормування операцій. З цією метою розраховують технічні норми штучно-калькуляційного часу, так як раніше було визначено тип виробництва – середньосерійне.

Технічне нормування будемо проводити для операції токарна з ЧПК. Технічне нормування операцій здійснюємо згідно вибору з відповідної літератури норм допоміжного часу. Метою даного нормування є визначення норми штучно-калькуляційного часу на операції 055 і 060 [13].

Дані щодо режимів різання та основного часу обираємо з таблиці 5.5

Основний час:  $T_o = 2,38$  хв.

Визначаємо допоміжний час, для операцій 055 і 060, за формулою:

$$T_d = T_{вст} + T_{кв} + T_{вим} \quad (6.40)$$

де  $T_{вст} = 2,2$  хв – час на установку і зняття заготовки [13];

$T_{кв} = 0,42$  хв – допоміжний час, пов'язаний з керуванням верстата [13];

$T_{вим} = 0,86$  хв – час на вимірювання [13].

$$T_d = 2,2 + 0,42 + 0,86 = 3,48 \text{ хв} \quad (6.41)$$

Оперативний час розраховуємо за формулою:

$$T_{оп} = T_o + T_d \quad (6.42)$$

$$T_{оп} = 2,38 + 3,48 = 5,86 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу:

$$T_{дод} = T_{оп} \cdot 0,08 \quad (6.43)$$

$$T_{дод} = 5,86 \cdot 0,08 = 0,47 \text{ хв.}$$

Розраховуємо штучний час за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{дод}} \quad (6.44)$$

$$T_{\text{шт}} = 5,86 + 0,47 = 6,33 \text{ хв.}$$

Розраховуємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{\text{шк-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{N} \quad (6.45)$$

де  $T_{\text{п-з}}$  – підготовчо-заклучний час, що складається з часу:

- 1) на отримання креслення і наряду,  $T = 4$  хв;
- 2) на ознайомлення з роботою та кресленням,  $T = 2$  хв;
- 3) інструктаж майстра,  $T = 2$  хв;
- 4) отримання основного та допоміжного інструменту, верстатного пристрою та заготовки,  $T = 9$  хв.
- 5) час на встановлення вихідних режимів роботи станка,  $T = 0,15$  хв;
- 6) час налаштування пристрою для подачі ЗОР:  $0,20$  хв.

$$T_{\text{п-з}} = 4 + 2 + 2 + 9 + 0,15 + 0,2 = 17,35 \text{ хв}$$

$N = 50$  шт. – кількість деталей у партії

$$T_{\text{шк-к}} = 6,33 + \frac{17,35}{50} = 7,03 \text{ хв.}$$

Операція «Зубофрезерна»

Дані щодо режимів різання та основного часу обираємо з таблиці 6.11.

Основний час  $T_0 = 5,56$  хв.

Нормування операції «Зубофрезерна» проводимо згідно формул для операції токарна з ЧПК.

Визначаємо допоміжний час за формулою:

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

$$T_{\text{д}} = T_{\text{вст}} + T_{\text{кв}} + T_{\text{вим}}, \quad (6.46)$$

де  $T_{\text{вст}} = 1,54$  хв – час на установку і зняття заготовки [13];

$T_{\text{кв}} = 1,18$  хв – допоміжний час, пов'язаний з керуванням верстата [13];

$T_{\text{вим}} = 0,95$  хв – час на вимірювання [13].

$$T_{\text{д}} = 1,54 + 1,18 + 0,95 = 3,67 \text{ хв}$$

Сума основного і допоміжного часу становить час оперативної роботи  $T_{\text{оп}}$  за формулою:

$$T_{\text{оп}} = 5,56 + 3,67 = 9,23 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час за формулою:

$$T_{\text{дод}} = 9,23 \cdot 0,08 = 0,74 \text{ хв}$$

Розраховуємо штучний час за формулою:

$$T_{\text{шт}} = 9,23 + 0,74 = 9,97 \text{ хв}$$

Розраховуємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{\text{шк-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{N}$$

де  $T_{\text{п-з}}$  – підготовчо-заключний час, що складається з часу:

- 1) на отримання креслення і наряду,  $T = 6$  хв;
- 2) на ознайомлення з роботою та кресленням,  $T = 2$  хв;
- 3) на інструктаж майстра,  $T = 2$  хв;
- 4) на отримання інструменту, верстатного пристрою та заготовки  $T = 8$  хв.

$$T_{\text{п-з}} = 6+2+2+8=18 \text{ хв}$$

$N = 50$  шт. – кількість деталей у партії

									Лист
									52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ТМ 18510228-00 ПЗ

$$T_{\text{шк-к}} = 9,97 + \frac{18}{50} = 10,33 \text{ хв}$$

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53



## 7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Мета та завдання на проектування

Даний пристрій проектуємо на операцію 030 фрезерно-центровальну (див. рисунок 7.1). На операції здійснюється фрезерування торців і свердління центрових отворів.

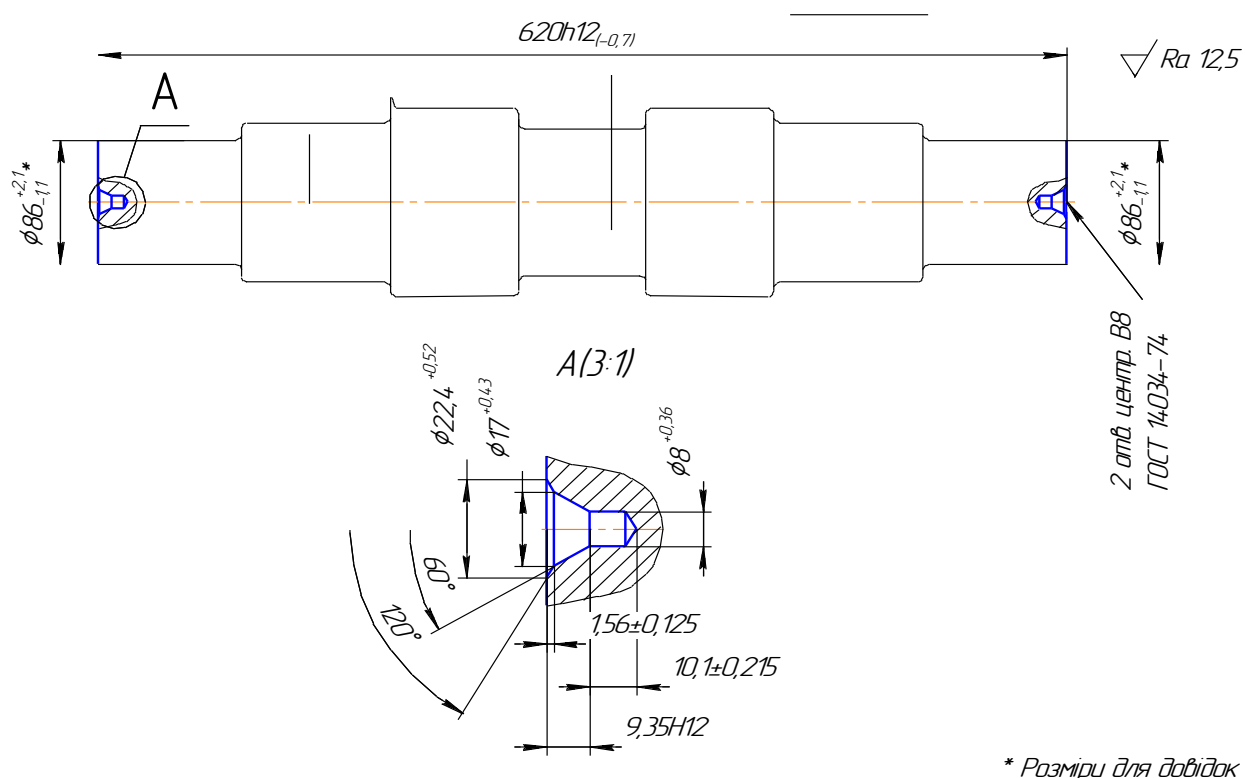


Рисунок 7.1 – Ескіз фрезерно-центровальної операції 030

Застосування спеціального пристрою з механізованим приводом дозволить знизити трудомісткість обробки, собівартості виготовлення деталі, розширення технологічних можливостей верстату, зменшення часу на установку і закріплення деталі, покращення умов праці, підвищення безпеки праці, підвищення продуктивності праці [15-19].

Обробка буде здійснюватися на фрезерно-центровальному верстаті мод. 2Г942. Технічна характеристика верстата приведена в таблиці 7.1.

									Лист
									55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					



Відхилення на кут фаски  $60^\circ$  відповідають  $\pm \frac{IT_{16}}{2}$  (ГОСТ 8908-81) і обмежуються граничними відхиленнями  $60^\circ \pm 1^\circ$ . Аналогічно для фаски  $120^\circ$  відхилення складає  $120^\circ \pm 1^\circ$ .

Оскільки на кресленні не міститься допуск форми, то для рівня геометричної точності А не зазначений допуск площинності приймаємо в межах 60% на допуск розміру 620 мм:

$$T_{620} = 0,6 \cdot T_{620} = 0,6 \cdot 700 = 420 \text{ мкм}$$

Згідно таблиць допусків форми приймаємо найближче стандартне значення допуску площинності  $T_{620} = 300$  мкм, що відповідає 12 ступеню точності.

На кресленні не міститься допуск торцевого биття, тому для рівня геометричної точності А не зазначений допуск торцевого биття становить в межах 60% на суму допусків 620 і 191 мм:

Значення в межах допуску на розмір 60%:

$$T_{620} = 0,6 \cdot (T_{620} + T_{191}) = 0,6 \cdot (0,7 + 4,0) = 2,82 \text{ (мкм)}$$

Найближче стандартне значення допуску торцевого биття  $T = 3,0$  мкм, що відповідає 16 ступеню точності.

Шорсткість оброблюваних поверхонь, що зазначена на кресленні, має значення  $Ra = 12,5$  мкм.

На даній операції будуть використовуватися призми, тому у якості базових поверхонь заготовки під час фрезерування торців і центрування отворів будуть виступати зовнішні циліндричні поверхні  $\varnothing 111$  і торець 191 (див. рисунок 7.2).

Відповідно до креслення заготовки поверхні  $\varnothing 111$  виготовлені по класу точності Т4. Значення допуску:  $T_{\varnothing 111} = 3,6$  мм. Довжина торця 191 також виготовлена з класом точності Т4. Значення допуску  $T_{191} = 4,0$  мм.

Похибка форми циліндричних поверхонь  $\varnothing 111$  характеризується відхиленням від круглості та циліндричності. Оскільки допуск циліндричності та

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

круглості не вказано в технічних вимогах і на кресленні деталі, то він може бути встановлений у межах допуску на розмір:

$$T_{\varnothing 111} = 0,3 \cdot 3,6 = 1,08 \text{ мкм}$$

Приймаємо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості.

$$T_{\varnothing 111} = 1,0 \text{ мм},$$

що відповідає 16 ступеню точності [14, с. 110].

Похибка форми торця 191 характеризується відхиленням від площинності. Оскільки допуск площинності не вказано в технічних вимогах і на кресленні деталі, то він також може бути встановлений у межах допуску на розмір.

$$T_{191} = 0,6 \cdot 4,0 = 2,4 \text{ мм}$$

Приймаємо найближче стандартне значення допуску площинності:

$$T_{191} = 1,2 \text{ мм},$$

що відповідає 16 ступеню точності [14, с. 107].

Розглянемо можливі похибки по радіальному биттю для поверхонь  $\varnothing 111$  і торцеве биття торця 191.

$$T_{\varnothing 111} = 0,6 \cdot 3,6 = 2,16 \text{ мм},$$

відповідного до стандартного ряду:

$$T_{\varnothing 111} = 2,5 \text{ мм},$$

що відповідає 16 ступеню точності.

Для торця 191:

$$T_{191} = 0,6 \cdot 4,0 = 2,4 \text{ мм},$$

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

відповідного до стандартного ряду:

$$T_{191} = 2,0 \text{ мм},$$

що відповідає 16 ступеню точності.

Шорсткість поверхонь, зазначена на кресленні, має значення  $Ra = 25 \text{ мкм}$ .

Проведемо розрахунок режимів різання аналітичним методом для фрезерування торців довжиною 620.

Глибина різання дорівнює  $t=3 \text{ мм}$ .

Подача складатиме  $S=0,1 \text{ мм/зуб}$  (з урахуванням поправочних коефіцієнтів) [12, с.285].

Стійкість ріжучого інструменту  $T=180 \text{ хв}$  [12, табл.40, с.290].

Знаходимо швидкість різання за формулою [12, с.282]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} K_v, \quad (7.1)$$

де  $C_v=332$ ,  $g=0,2$ ,  $x=0,1$ ,  $y=0,4$ ,  $m=0,2$ ,  $u=0,2$ ,  $p=0$  – коефіцієнти та показники в формулі швидкості різання [12, табл.39, с.286];

$K_v$  – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, враховуючий фактичні умови різання та знаходиться за формулою [12, с.282]:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV}, \quad (7.2)$$

де  $K_{MV}$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив фізико-механічні властивості оброблюємого матеріала [12, табл.3, с.262];

$K_{ПV} = 0,9$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий поверхню заготовки [12, табл.5, с.263];

$K_{ИV}=1,0$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив інструментального матеріалу [12, табл.6, с.263].

Коефіцієнт  $K_{MV}$  розраховується за формулою [12, табл.1, с.261]:

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

$$K_{MV} = K_r(750/\sigma_B)^{n_V} \quad (7.3)$$

де  $K_r = 1,0$  – коефіцієнт, враховуючий групу сталі [12, табл.2, с.262];

$n_V = 1,0$  – показник степені [12, табл.2, с.262].

Тоді за формулою 7.3:

$$K_{MV} = 1,0 \cdot (750/930)^{1,0} = 0,8.$$

$$K_V = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,72.$$

З урахуванням показників знаходимо швидкість різання:

$$V = \frac{332 \cdot 125^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 3^{0,1} \cdot 0,1^{0,4} \cdot 86^{0,2} \cdot 8^0} \cdot 0,72 = 205,2 \text{ м/хв.}$$

Знаходимо частоту обертання шпинделя за формулою (6.35):

$$n = \frac{1000 \cdot 205,2}{3,14 \cdot 125} = 522 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо значення обертання шпинделя з паспортним  $n_{пр} = 500$  об/мин.

З урахуванням прийнятого значення розраховуємо фактичну швидкість різання за формулою (6.36):

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 500}{1000} = 196,25 \text{ м/хв}$$

Розроблення та обґрунтування варіантів схем базування

Проаналізувавши поверхні деталі, дійшли висновку, що на даній операції можна застосувати зовнішні циліндричні поверхні  $\varnothing 111$  і торець довжиною 191, тому що відсутні інші альтернативні рішення базових поверхонь. Зазначені поверхні достатньо розвинені, використовуються тільки один раз на першій операції, не мають ливники й інші особливості заготовок. Крім того, застосування

									Лист
									60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ 18510228-00 ПЗ				

цих поверхонь не перешкоджають доступу інструментів до оброблюваних поверхонь.

При базуванні деталі в призмах деталь позбавляється 5 ступенів волі. Мають місце 2 технологічні бази:

- подвійна направляюча - циліндричні поверхні  $\varnothing 111$ , позбавляє деталь 4-х ступенів волі: поступального переміщення уздовж осей Y і Z і обертання навколо осей Y і Z;

- опорна, торець уступа, позбавляє деталь однієї ступені вільності: поступального переміщення уздовж осі X.

Дана схема базування показана на рисунку 7.2.

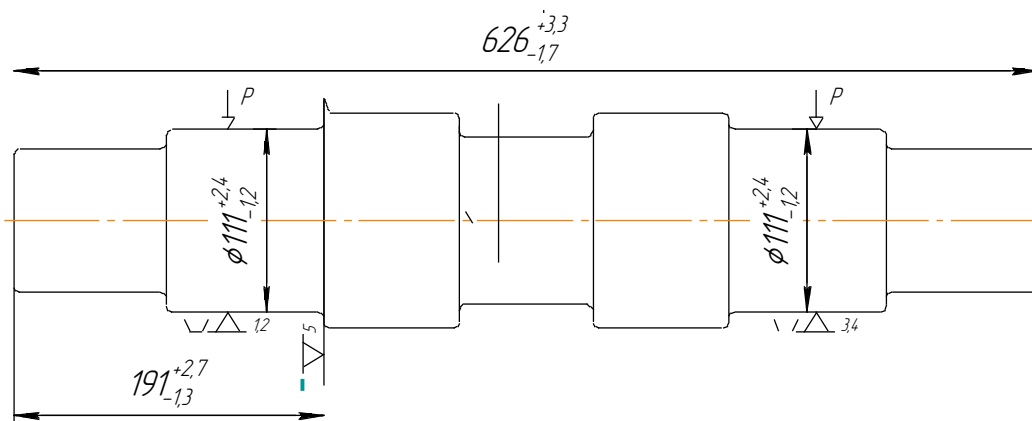


Рисунок 7.2 – Схема базування

Під час установки заготовки по зовнішнім циліндричним поверхням у призмах виникає похибка базування, яка визначає ексцентриситет між центром зовнішньої циліндричної поверхні та віссю оброблюваного центрального отвору [18, с. 523]:

$$\varepsilon_6 = \frac{T_D}{2} \cdot \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (7.4)$$

де  $T_D$  – допуск розміра деталі,  $T_D=3,6$  мм;

$\alpha$  – кут між образуючими призми,  $\alpha = 90^\circ$

										Лист
										61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

$$\varepsilon_6 = \frac{3,6}{2} \cdot \frac{1}{\sin 45^\circ} = 2,55 \text{ мм}$$

Дана похибка базування на точність розмірів не впливає, а може вплинути лише на подальший перерозподіл припуску.

Розробка та обґрунтування схеми закріплення та типу силоутворюючого механізму

Аналіз структури полів збурюючих сил

Для визначення взаємного впливу поля збурюючих сил та поля зрівноважуючих сил будуюмо графічну модель збурюючих сил (рисунок 7.3) взаємозв'язку з прийнятою схемою базування.

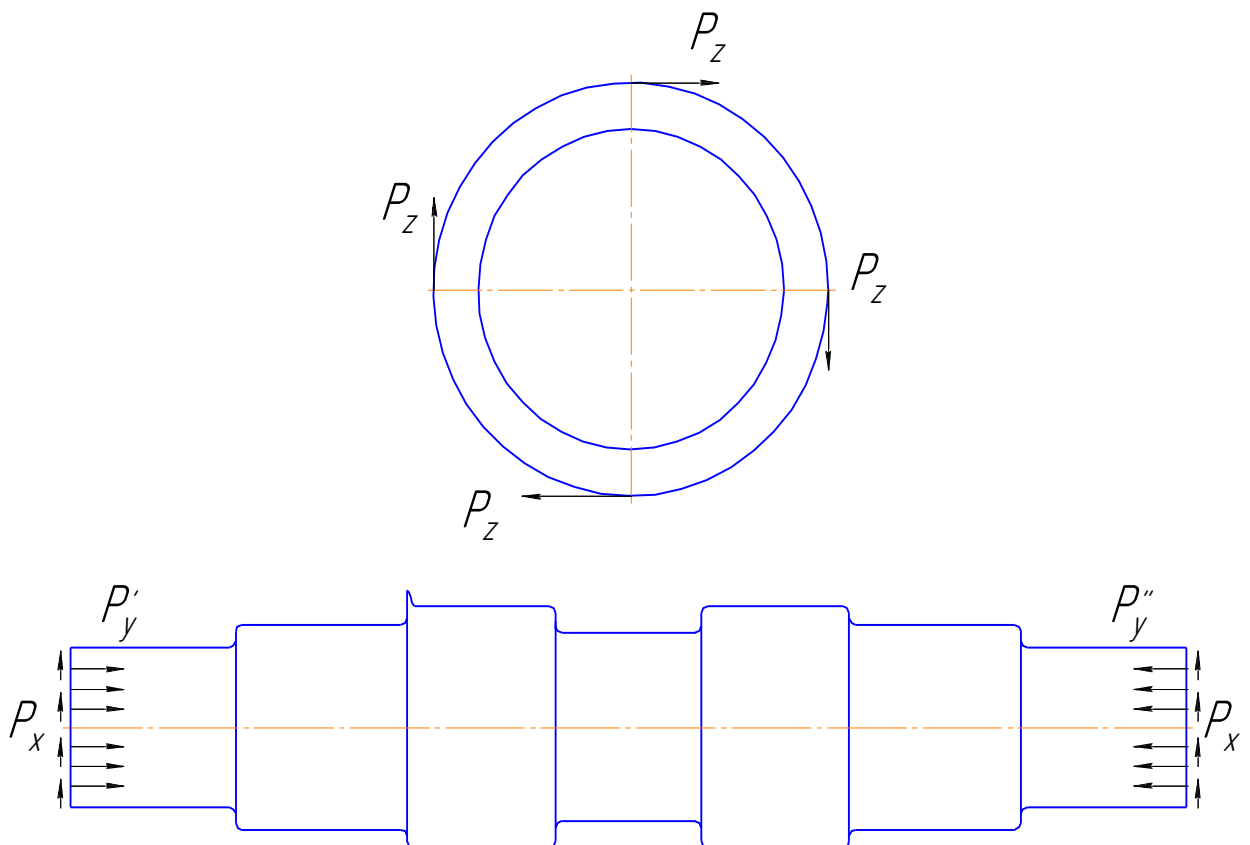


Рисунок 7.3 – Структура поля збурюючих сил

Аналіз структури полів зрівноважувальних сил



З рисунку 7.3 бачимо, що складова  $P_y'$  поля збурюючих сил врівноважується силою  $P_y''$  ( $P_y' = P_y''$ ). Інші складові поля збурюючих сил не врівноважені та потребують прикладання додаткових сил закріплення. При такій схемі базування доцільно застосовувати зажимний пристрій з призмами, який створює поле зрівноважувальних сил, що й представлено на рисунку 7.4.

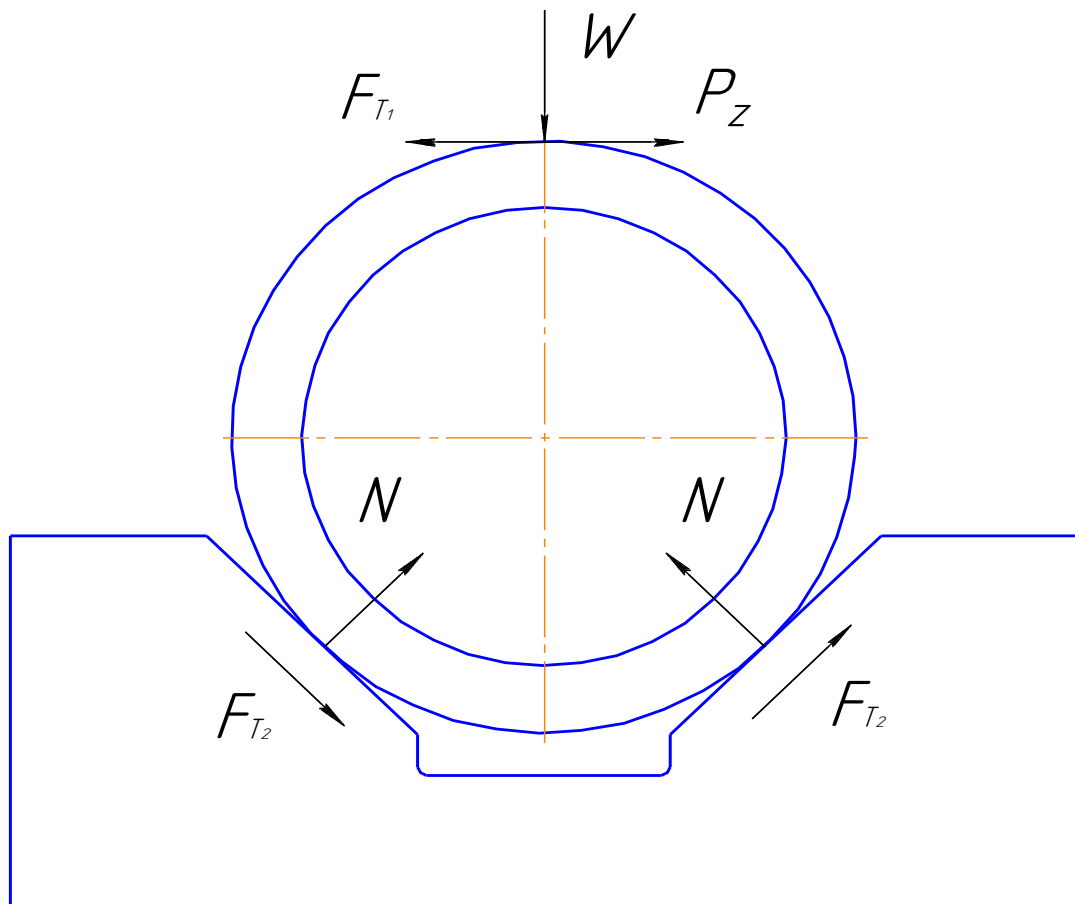


Рисунок 7.4 – Структура поля зрівноважувальних сил

Для аналізу структури та якості зв'язків, що виникають при закріпленні заготовки, будемо таблицю однобічних зв'язків.

Таблиця 7.2 – Однобічні зв'язки



$K_3$  – коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання при переривчастому точінні і торцевому фрезеруванні,  $K_3=1,2$ ;

$K_4$  – коефіцієнт, що характеризує сталість сили закріплення, при використанні пневмокамер подвійної дії,  $K_4=1,0$ ;

$K_5$  – коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних затискних механізмів,  $K_5=1,0$ ;

$K_6$  – враховують тільки при наявності моментів, які прагнуть повернути заготовку,  $K_6=1,5$ .

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 4,32$$

Крутний момент, при фрезеруванні розраховується по формулі:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D_{\text{фр}}}{2 \cdot 1000}, \quad (7.7)$$

де  $P_z$  – головна складова сили різання при фрезеруванні - окружна сила, Н;

$D_{\text{фр}}$  – діаметр фрези,  $D_{\text{фр}} = 125$  мм.

Головна складова сили різання при фрезеруванні визначається за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^{n \cdot z}}{D_{\text{фр}}^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{МР}}, \quad (7.8)$$

де  $C_p$  – коефіцієнт, по [12] с.291, таблиця 41:  $C_p=825$ ;

$x, y, n, q, w$  – показники ступеня, по [12] с.291, таблиця 41:

$x = 1,0; y = 0,75; n = 1,1; q = 1,3; w = 0,2$ ;

$t$  – глибина фрезерування,  $t=3,0$  мм;

$S_z$  – подача на один зуб при фрезеруванні,  $S_z = 0,1$  мм/зуб;

$B$  – ширина фрезерування,  $B = 86,0$  мм;

$z$  – кількість зубів фрези,  $z = 8$ ;

$N$  – частота обертання шпинделя,  $n = 500$  об/хв;

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

$K_{MP}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу, визначається за формулою (7.9).

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (7.9)$$

де  $\sigma_B$  – тимчасовий опір, для сталі 38ХА,  $\sigma_B=930$  МПа;

$n$  – показник ступеня, по [12] с.264, таблиця 9,  $n=0,3$ .

$$K_{MP} = \left( \frac{930}{750} \right)^{0,3} = 1,07$$

Підставивши вибрані і розраховані значення у формулу (7.8), визначаємо головну складову сили різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 3,0^{1,0} \cdot 0,1^{0,75} \cdot 86^{1,1} \cdot 8}{125^{1,3} \cdot 500^{0,2}} \cdot 1,07 = 2742 \text{ Н.}$$

Підставивши розраховане значення окружної сили у формулу (7.7), визначаємо крутний момент при фрезеруванні:

$$M_{кр} = \frac{2742 \cdot 125}{2 \cdot 1000} = 172 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Підставивши розраховане значення крутного моменту в формулу (7.5), визначаємо силу закріплення:

$$W = \frac{2 \cdot 4,32 \cdot 172}{0,111 \cdot \left( 0,2 + \frac{0,2}{\sin \frac{90^\circ}{2}} \right)} = 27728 \text{ Н.}$$

В даному пристрої використовується дві пневмокамери, тому силу закріплення ділимо на два  $W = 13864$  Н. За цією силою виконується розрахунок пристрою для фрезерування.

Затиск заготовки виконується при подачі стиснутого повітря в безштокову порожнину пневмокамери двосторонньої дії. При цьому сила на штоку розраховується по формулі [18, таблиця 5.3, с. 114]:

										Лист
										66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

$$Q_p = \left(\frac{\pi}{16}\right) \cdot (D + D_1)^2 \cdot p, \quad (7.10)$$

де  $D$  – діаметр діафрагми усередині пневмокамери, мм

$D_1$  – зовнішній діаметр опорного диска, мм;

$p$  – тиск стиснутого повітря,  $p=0,63$  МПа.

У спроектованому пристрої присутній важільний механізм, який реалізовує функцію механізму підсилювача величини сили закріплення див. рис. 7.5.

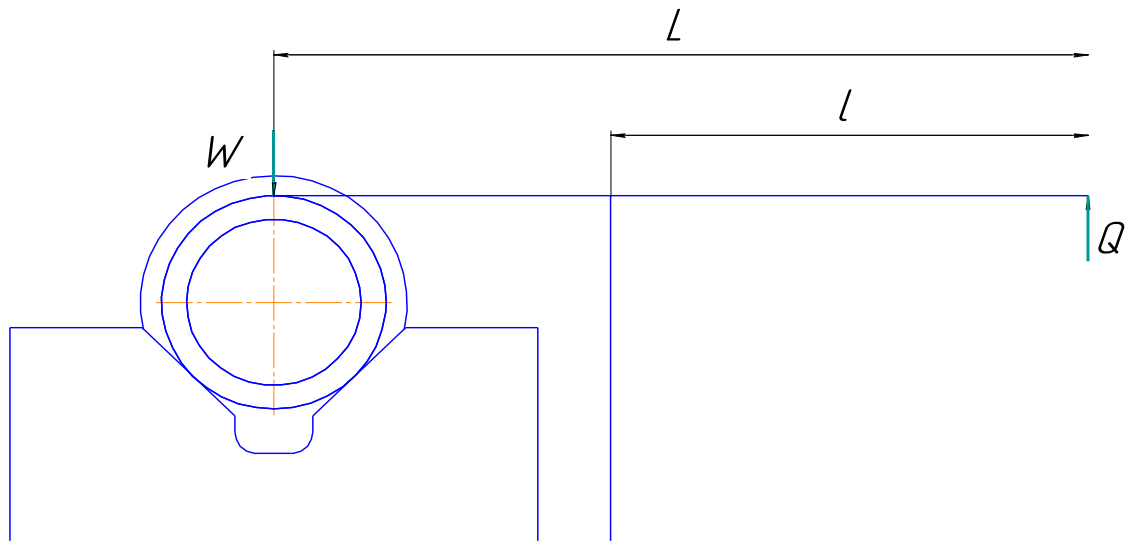


Рисунок 7.5 – Схема роботи передаточного механізму

Згідно рис. 7.5 сила на штоці пневмокамери розраховується за формулою:

$$Q_p = \frac{P_3 \cdot (L-l)}{l}, \quad (7.11)$$

де  $l$  – довжина плеча прижима, наприклад  $l=160$  мм;

$L$  – довжина прихвата, наприклад  $L = 270$  мм.

$$Q_p = \frac{13864 \cdot (270-160)}{160} = 9532 \text{ Н}$$

Діаметр опорного диска діафрагми [18, таблиця 5.3, с. 115] визначається по формулі:

						ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			67

$$D_1 = D - 2h - (2 \div 4) \quad (7.12)$$

де  $h=4-8$  мм – товщина діафрагми (приймаю  $h=5$  мм).

$$\text{Тоді: } D_1 = D - 2 \cdot 5 - 4 = D - 14 \text{ (мм)}$$

Підставляючи співвідношення формули (7.12) у формулу (7.10), маємо наступне вираження:

$$Q = 0,196 \cdot p \cdot (D + (D - 14))^2 \quad (7.13)$$

Урахувавши те, що необхідна сила затиску дорівнює  $Q=9532$  Н, а тиск стисненого повітря  $p=0,63$  МПа, маємо:

$$9532 = 0,196 \cdot 0,63 \cdot (2D - 14)^2$$

Вирішуємо квадратне рівняння:

$$0,49 \cdot D^2 - 6,91 \cdot D - 9507,79 = 0$$

$$D = \frac{6,91 \pm \sqrt{6,91^2 + 4 \cdot 0,49 \cdot 9507,79}}{2 \cdot 0,49} = 18683,02 > 0$$

$$D_1 = \frac{6,91 - \sqrt{18683,02}}{2 \cdot 0,49} < 0$$

$$D_2 = \frac{6,91 + \sqrt{18683,02}}{2 \cdot 0,49} = 146,38 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартне значення діаметра пневмокамери  $D=160$  мм. Тоді діаметр опорного диска рівний :  $d=160-2 \cdot 5-4=146$  (мм).

Тоді дійсна сила на штоці пневмокамери визначається за формулою (7.10):

$$Q = \frac{\pi}{16} \cdot (160 + 146)^2 \cdot 0,63 = 11576 \text{ Н.}$$

Дійсна сила закріплення заготовки:

$$W = (11576 \cdot 160) / 110 = 16838 \text{ Н.}$$

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Дана сила перевищує необхідну силу затиску заготовки, а, отже, пристрій забезпечує фіксоване положення при обробці.

За [18, таблиця 5.4, с. 116] приймаємо діаметр штока  $d=20$  мм.

Оптимальна довжина ходу штока пневмокамери визначається по формулі:

$$l = 0,22 \cdot D \quad (7.14)$$

$$l=0,22 \cdot 250=35,2 \text{ мм}$$

Приймаємо довжину ходу штока  $l=36$  мм.

Розрахунок точності параметрів пристрою

Розрахункову похибку пристрою знаходимо за формулою [15, с.26]:

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq T - K_T \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + (k_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{\text{поз}}^2}, \quad (7.15)$$

де  $T = 3,0$  мм – найбільший жорсткий допуск розміру, що одержують на даній операції (торець довжиною 191);

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

$K_{T1} = 0,8$ –коефіцієнт, що враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування;

$\varepsilon_6 = 2550$  мкм – похибка базування заготовки в пристрої (дивись пункт б);

$\varepsilon_3 = 0$  мкм – похибка закріплення, виникає в результаті зсуву оброблюваних поверхонь заготовок від дії затискної сили (привод механізований);

$\varepsilon_y = 20$  мкм – похибка установлення пристрою на верстаті (середнє значення похибки, що рекомендують). [15, с. 28];

$\varepsilon_{\text{п}} = 0$  мкм – похибка перекосу інструмента (кондукторні втулки не використовуються);

$\varepsilon_{\text{зн}}$  – похибка, що виникає внаслідок зношування встановлювальних елементів пристрою. Визначається за формулою:

$$\varepsilon_{3H} = \beta_1 \cdot N^n, \quad (7.16)$$

де  $\beta_1=0,5$  – постійний коефіцієнт, що залежить від виду встановлювальних елементів і умов контакту поверхонь [15, табл. 3.6, с.41];

$n = 0,4 \div 0,6$ , приблизно  $n = 0,5$ ;

$N = 2000$  шт – кількість контактів заготовки з опорою;

$$\varepsilon_{3H} = 0,5 \cdot 2000^{0,5} = 22 \text{ мкм}$$

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

$\omega = 280$  мкм – середня економічна точність обробки (допуск по 10 квалітету на розмір 620);

$\varepsilon_{\text{поз}} = 0$  мкм – похибка позиціонування (використовується для верстатів із ЧПК, в нашому випадку відсутня) [15, с. 44].

Підставляємо значення:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 3000 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 2550)^2 + 0 + 20^2 + 0 + 22^2 + (0,6 \cdot 280)^2 + 0} = 3000 - 2456 = 544 \text{ мкм}$$

З урахуванням стандартного ряду беремо допуск паралельності [17, с.109]:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 500 \text{ мкм}$$

Вказуємо на складальному кресленні пристрою як технічну вимогу, що відхилення від паралельності спільної горизонтальної осі настановних призм відносно нижньої площини корпусу не більше - 0,5 мм.

Принцип роботи пристрою

Пристрій в зборі повинен задовольняти технічним вимогам креслення загального виду й забезпечувати якісну обробку заготовки по заданим розмірам.

										Лист
										70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						



Всі деталі й вузли пристрою піддати візуальному контролю, а виявлені дефекти усунути. Специфікація пристрою подана у додатках Б, В.

Складання пристрою здійснюється в наступній послідовності:

1) Діафрагму поз. 5 з'єднати з опорними дисками поз. 4, зверху вкласти підкладку поз. 12, далі в отвір опорних дисків вставити шток поз. 15 і з нижньої сторони притиснути шайбою поз. 23 і загвинтити гайкою поз. 19.

2) Складену діафрагму встановити в нижню частину корпуса поз.8 і зверху накласти верхню частину корпуса (в якому попередньо запресована втулка поз. 1, в якій установлені кільця поз. 21) і закріпити гвинтами поз. 17 і штифтами поз. 26 до плити поз. 9.

3) До плити поз. 9 за допомогою гвинтів поз. 18 і штифтів поз. 27 закріпити призми опорні поз. 10. Провести точну вивірку призм опорних поз. 10 відносно загальної площині.

4) На плиту поз. 9 загвинтити стійку поз. 14.

5) Для установки пристрою на столі верстата установити на плиті поз. 9 шпонки поз. 25 і закріпити їх гвинтами поз. 16.

6) На стійці поз. 14 установити прихват поз. 11, попередньо протягнувши в отвір прихвата гвинт поз. 3, кільце поз. 6, шайбу поз. 24, пружину поз. 13 і гайку поз. 20.

7) На шток поз. 15 устанавлюємо прихват поз. 11 і затискаємо його кільцем поз. 7 і гайкою поз. 2.

Експлуатація пристрою:

1) Установити і закріпити пристрій на верстаті з урахуванням нульової точки верстата.

										Лист
										71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

- 2) Зняти з пристрою рим-болти поз. 22.
- 3) Підготувати базові поверхні до установки заготовки.
- 4) Установити заготовку в призми опорні поз. 10. На шток поз. 15 установити прихват пристрою поз. 11.
- 5) Поворотом рукоятки провести закріплення заготовки.
- 6) Обробити заготовку.
- 7) Поворотом рукоятки у зворотну сторону відкріпити заготовку. Зняти прихват поз. 11 зі штока поз. 15.
- 8) Пристрій зберігати на дерев'яній основі. Вплив атмосферних опадів і агресивних середовищ неприпустимо.

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

## 8. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Небезпечні зони устаткування. Класифікація та призначення засобів захисту

Створення безпечних умов праці на виробництві було і залишається одним з головних пріоритетів. Найбільшою цінністю Держави є людина – це означає, що для кожного конкретного працівника повинні бути створені безпечні умови на виробництві.

Безпека праці являє собою сукупність вимог, встановлених законодавчими актами, нормативно-технічними та проектними документами, правилами та інструкціями, виконання яких забезпечує безпечні умови праці і регламентує поведінку працюючого. [20]

Безпечні умови праці – це стан умов праці, при яких вплив на працюючого небезпечних і шкідливих виробничих факторів виключено або вплив шкідливих виробничих факторів не перевищує гранично допустимих значень.

В разі появи небезпеки є можливість завдати шкоду здоров'ю людини, тому потрібно робити всі необхідні заходи, спрямовані на її ліквідацію. В літературі можна зустріти такі визначення поняття «небезпека»:

– небезпека – це негативна властивість живої та неживої матерії, що здатна спричинити шкоду самій матерії: людям, природному середовищу, матеріальним цінностям;

– небезпека – це умова чи ситуація, яка існує в наколишньому середовищі і здатна призвести до небажаного вивільнення енергії, що може спричинити фізичну шкоду, поранення та/чи пошкодження.

Безпека людини – це поняття, що відображає саму суть людського життя, її ментальні, соціальні і духовні надбання. Безпека людини є невід'ємною складовою характеристики стратегічного напрямку людства, що визначений ООН як «сталий людський розвиток», такий розвиток, який веде не тільки до

економічного, а й до соціального, культурного, духовного зростання, що сприяє гуманізації менталітету громадян і збагаченню позитивного загальнолюдського досвіду.

Небезпечна зона – це простір, в якому діють постійно або виникають періодично чинники, небезпечні для життя і здоров'я людини. Небезпека локалізована навколо рухомих елементів: ріжучого інструменту, оброблюваних деталей, планшайби, зубчастих, ремінних та ланцюгових передач, робочих столів верстатів, конвеєрів, що переміщуються підйомно-транспортних машин, вантажів і т.д. Особлива небезпека створюється у випадках, коли можливе захоплення одягу або волосся працюючого рухомими частинами обладнання.

Наявність небезпечної зони може бути обумовлено небезпекою поразки електричним струмом, впливу теплових, електромагнітних та іонізуючих випромінювань, шуму, вібрації, ультразвуку, шкідливих парів і газів, пилу, можливістю травмування відлітаючими частинками матеріалу заготовки та інструменту при обробці, вильотом оброблюваної деталі з-за поганого її закріплення або поломки.

Розміри небезпечної зони в просторі можуть бути постійними (зона між ременем і шківом, зона між вальцями і т.д.) і змінними, (поле прокатних станів, зона різання при зміні режиму та характеру обробки, зміна різального інструменту і т. д.).

При проектуванні технологічного устаткування і при його експлуатації необхідно передбачати застосування пристроїв, що або виключають можливість контакту людини з небезпечною зоною, або знижують небезпеку контакту.

Засоби захисту працюючих за характером їх застосування поділяються на дві категорії: колективні, індивідуальні.

Засоби колективного захисту в залежності від призначення поділяються на такі класи:

– нормалізації повітряного середовища виробничих приміщень і робочих місць;

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

- нормалізації освітлення виробничих приміщень та робочих місць;
- засоби захисту від іонізуючих випромінювань, інфрачервоних випромінювань, ультрафіолетових випромінювань, електромагнітних випромінювань, магнітних і електричних полів, випромінювання оптичних квантових генераторів, шуму, вібрації, ультразвуку, ураження електричним струмом, електростатичних зарядів, від підвищених і знижених температур поверхонь обладнання, матеріалів, виробів, заготовок, від підвищених і знижених температур повітря робочої зони, від впливу механічних, хімічних, біологічних чинників.

Засоби індивідуального захисту в залежності від призначення поділяються на такі класи: ізолюючі костюми, засоби захисту органів дихання, спеціальний одяг, спеціальне взуття, засоби захисту рук, голови, обличчя, очей, органів слуху, засоби захисту від падіння і інші аналогічні засоби, захисні дерматологічні засоби.

Всі вживані у виробництві захисні пристрої можна розділити на наступні основні групи:

- охоронні;
- запобіжні;
- блокуючі;
- сигналізуючі;
- системи дистанційного керування; спеціальні пристрої (вентиляція, освітлення, глушники шуму, заземлення);
- індивідуальні захисні засоби (ЗІЗ).

Загальні вимоги до засобів захисту:

- створення оптимальних умов для трудової діяльності
- максимальне зниження небезпек і шкідливостей на робочих місцях, тобто високий рівень захисту;

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75



використовуються запобіжні клапани важеля, пружинного і мембранного типу. У разі утворення вибуху, пожежонебезпечних сумішей, при концентраціях 5-50% від вибухонебезпечної, спрацьовує аварійна вентиляція. При підвищеному тиску в ресиверах застосовують теплові реле, що вимикають двигун при збільшенні температури зріджуваного повітря понад припустимого значення.

У електромагнітних плитах для закріплення оброблюваного матеріалу, підйому і перенесення різних виробів слід передбачити запасну проводку від запасного джерела живлення, обмежувачі руху, кінцеві вимикачі, гальмівні і утримуючі пристрої і т.д. Введення слабкої ланки полягає у внесенні до конструкції технологічного устаткування деталей і вузлів, розрахованих на руйнування (або неспрацьовування) при перевантаженнях (штифти, що зрізають, шпонки, фрикційні муфти, плавкі запобіжники в електроустановках, розривні мембрани і т.д.).

Блокуючі пристрої виключають можливість проникнення людини в небезпечну зону або усувають небезпечний чинник на час перебування людини в цій зоні (механічні, електричні, фотоелектричні, радіаційні, гідравлічні, пневматичні, комбіновані).

Сигналізуючі пристрої - це засоби інформації про роботу технологічного устаткування, а також про небезпечні і шкідливі чинники, які при цьому виникають. За призначенням системи сигналізації діляться на оперативні; попереджуючі; пізнавальні. За способом інформації: звукові; візуальні; комбіновані; одоризаційні (по запаху, в газовому господарстві).

До сигналізуючих пристроїв візуальної інформації можна віднести опізнавальне забарвлення трубопроводів, електропроводів і знаки безпеки.

Трубопроводи фарбують в наступні кольори: вода - зелений; пара - червоний; повітря - синій; горючі і негорючі гази - жовтий; кислоти - оранжевий; луж - фіолетовий, горючі рідини - коричневий; інші речовини - сірий.

Електричні дроти по приналежності виконують з ізоляцією наступних кольорів:

						ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			77

- чорний - для провідників в силових ланцюгах;
- червоний - для провідників в ланцюгах управління, вимірювання і сигналізації змінного струму;
- синій - для провідників в ланцюгах управління, вимірювання і сигналізації постійного струму;
- зелено-жовтий (двобарвний) - для провідників в ланцюгах заземлення;
- блакитний - для провідників, сполучених з нульовим дротом і не призначених для заземлення.

Знаки безпеки широко застосовуються практично у всіх сферах діяльності, на транспорті, наприклад:

- що забороняють (не включати - працюють люди; наскрізний проїзд заборонений);
- застережливі (стій - напруга; не влізай - уб'є; небезпечний поворот);
- що вирішують (працювати тут);
- вказівні (заземлено).

До засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) відносяться: ізолюючі костюми; засоби захисту органів дихання (респіратори, марлеві пов'язки, протигази і ін.); спецодяг (костюми, фуфайки, халати і ін.); спецвзуття (черевики, чоботи і ін.); засоби захисту голови (каски, шапки і ін.); засоби захисту особи, очей, органів слуху; захисні дерматичні засоби.

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78



## ВИСНОВОК

В даній роботі був виконаний аналіз службового призначення виробу, вузла, деталі, розроблений технологічний процес обробки деталі «Вал-шестерня», який входить до складу складальних одиниць Затвору зворотного  $D_N 700 P_N 100$ . Проведено аналіз технічних вимог і виявлення технологічних задач при виготовленні деталі. Був визначений тип виробництва – середньосерійний. В якості заготовки була прийнята штамповка на ГKM. Виконано аналіз існуючого типового технологічного процесу, обґрунтовано вибір металорізального верстата, вибір верстатних пристроїв металорізального та вимірювальних інструментів на операціях 055, 060 токарна з ЧПК і 070 зубофрезерна. Були проведені розрахунки режимів різання для даних операцій та норми часу за табличним методом. Спроектовано верстатний пристрій на операцію 030 зубофрезерна, розроблено та обґрунтовано схему закріплення та тип силоутворюючого механізму, проаналізувано структуру полів збурюючих та зрівноважуючих сил, зробили опис пристрою та принцип його роботи.

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки до виконання розділу «Аналіз службового призначення виробів та технічних вимог до них» в обов'язковому домашньому завданні, випускній роботі бакалавра, курсовому проекті зі спеціальності та дипломному проекті для студентів спеціальностей: 7.090202, 6.090202, 6.090203, 6.090204, 6.090209, 6.090220, 6.090515, 6.090520 усіх форм навчання / укладачі: О.О. Топоров, О. У. Захаркін. – Суми : Вид-во СумДУ, 2000. – 30 с.

2. Марочник сталей і сплавів. 2-е вид., Доп. і випр. / А.С. Зубченко, М.М. Колосков, Ю.В. Каширський та ін. За заг. ред. А.С. Зубченко - М. : Машинобудування, 2003. 784 с. : іл.

3. Методичні вказівки до практичних робіт із курсів «Теоретичні основи технології виготовлення та складання машин» та «Технологія машинобудування» для студентів напряму 6.0902 «Інженерна механіка» усіх форм навчання / укладачі: В. Г. Євтухов, О. У. Захаркін. – Суми : Вид-во СумДУ, 2004. – 76 с.

4. Ишуткин В.И. Технологическая надежность системы СПИД. – М.:Машиностроение, 1973. – 186 с.

5. Маталин А. А. Технология машиностроения / А. А. Маталин. – Ленинград: Машиностроение, 1985. – 496 с.

6. ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам.

7. ГОСТ 2.305-2008 ЕСКД. Изображения – виды, разрезы, сечения.

8. ГОСТ 2.307-68 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений.

9. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учеб.пособие/ П. А. Руденко, Ю. А. Харламов, В. М. Плескач; под общ. Ред. В. М. Плескача. – К.: Выща шк., 1991. – 247 с.

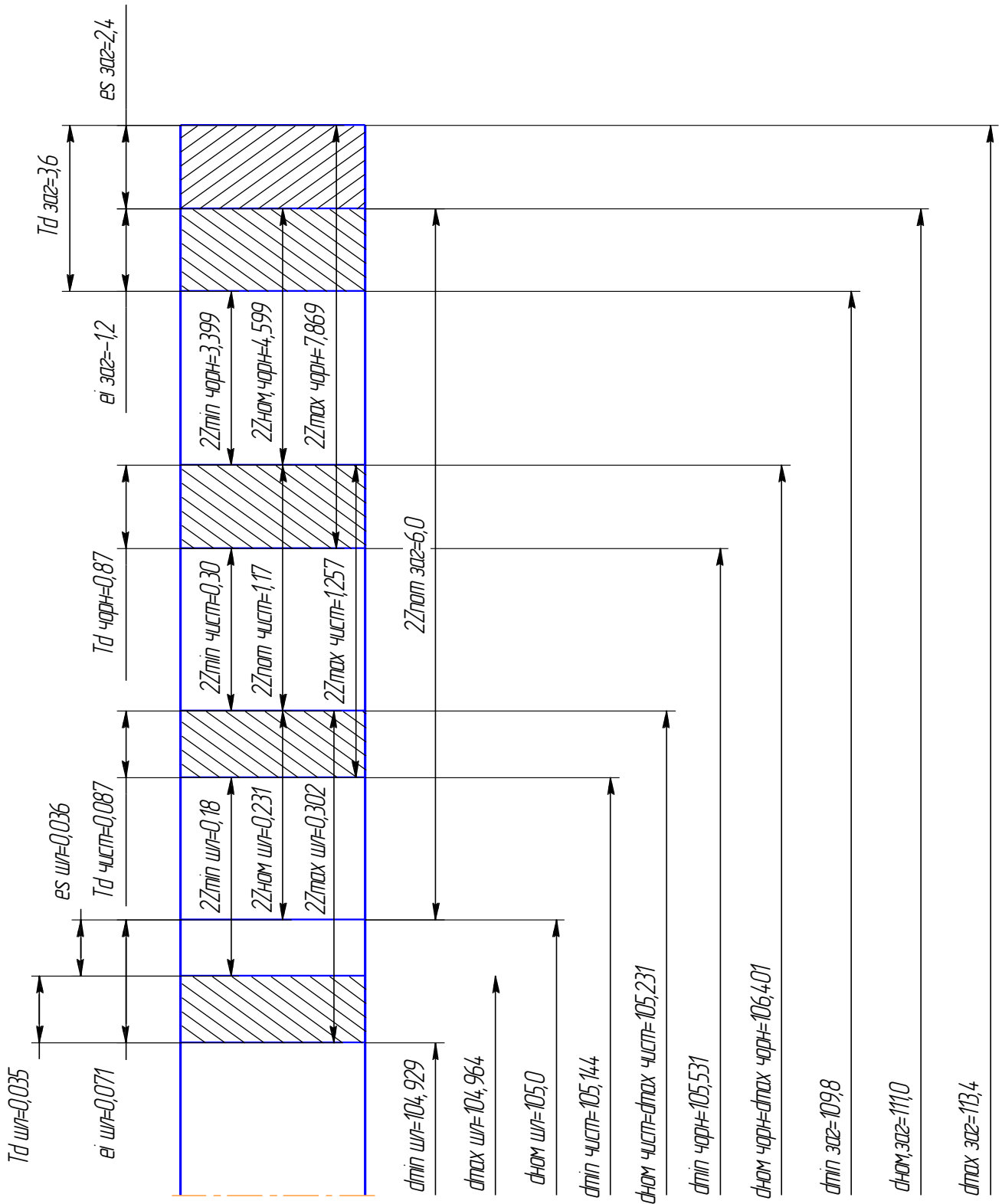
10. ГОСТ 7505-89 «Поковки стальные штамповані. Допуски, припуски і ковальські напуски».

					ТМ 18510228-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80



# ДОДАТОК А

Схема розташування припусків і допусків на розмір  $\varnothing 105f7(-0,036;-0,071)$



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

ТМ 18510228-00 ПЗ

Лист

82



